



PROVINCIA DI POTENZA

Ufficio Viabilità e Trasporti

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

FONDI D.M. 125/2022 -PROCEDURA APERTA ACCORDO QUADRO CON PIÙ' OPERATORI ECONOMICI SENZA RIAPERTURA DEL CONFRONTO COMPETITIVO ai sensi dell'art. 59, comma 4, lett. a) del D.Lgs. 36/2023 PER L'APPALTO DEL SERVIZIO DI CENSIMENTO, SCHEDATURA, ISPEZIONI SPECIALI, VERIFICHE ACCURATE DI LIVELLO 4, PROGETTAZIONE ESECUTIVA DEGLI INTERVENTI SUI PONTI DELLA PROVINCIA DI POTENZA AI SENSI DEL DM 204/2022. ACCORDO QUADRO AI SENSI DELL'ART. 59 DEL D.LGS. 36/2023. ANNI 2026-2029

I PROGETTISTI

ing. Enrico Spera

arch. Gerardo Cancellara

Indice generale

Capo Primo: NORME GENERALI	7
Art. 1 - Oggetto dell'appalto.....	7
Art. 2 - Ammontare dell'appalto.....	8
Art. 3 – Durata dell’accordo quadro.	9
Art. 3 bis – Elenco di Operatori Economici idonei	9
Art. 3-ter - Modalità di affidamento dei contratti applicativi senza riapertura del confronto competitivo .	10
Art. 4 – Ubicazione, Descrizione, Caratteristiche e Prescrizioni dei Servizi.	10
Art. 5- Prestazioni in economia.....	10
Art. 6 - Oneri per la sicurezza.....	12
Art. 7 - Esecuzione diretta e limiti al subappalto.....	12
Art. 7-bis – Avvalimento.....	12
Art. 8 - Sospensioni e riprese - Ordini di servizio.....	12
Art. 9 - Documenti facenti parte del contratto.....	12
Art. 10 - Tempo utile per l’esecuzione dei servizi – Penalità e risoluzione del contratto.	13
Art. 11 - Ordine da tenersi nell'andamento dei servizi – Piano operativo di sicurezza.....	14
Art. 12 - Personale dell'Impresa, disciplina dei cantieri - Requisiti minimi di esecuzione del Servizio...	14
Art. 13 – Proprietà delle risultanze e obblighi di riservatezza.	16
Art. 14 - Contabilità dei servizi - Pagamenti in acconto – Tracciabilità dei flussi finanziari.	16
Art. 15 – Contratti – Stipula – Spese relative e Cauzione	17
Art. 16 – Verifica conformità/C.R.E.	17
Art. 17 – Garanzie e assicurazioni.	18
Art. 18 – Prezzi e nuovi Prezzi	18
Art. 18 bis Clausole di revisione dei prezzi	19
Art. 19 - Misure di sicurezza relative alla viabilità.....	19
Art. 20 - Responsabilità dell'Impresa - Risoluzione anticipata del contratto – Controversie – Variazioni dell’Appaltatore.....	19
Art. 21 - Oneri ed obblighi a carico dell'Impresa.....	20
Art. 21 bis - Clausola Sociale - Pari Opportunità e inclusione lavorativa	21

**Capo Secondo: MODO DI ESECUZIONE DELLE PRINCIPALI CATEGORIE DI SERVIZIO
A MISURA - ORDINE DA TENERSI NELL'ANDAMENTO DEI SERVIZI.....23**

Art. 22 – Requisiti di Esecuzione richiesti di natura organizzativi/tecnica. 23

Art. 23 – Caratteristiche automezzi e attrezzature..... 23

Art. 24 – Modalità di esecuzione del Servizio..... 23

24.1 - Ispezione visiva e compilazione scheda di difettosità 23

24.2 - Rilievi fotografici e geometrici utili all'aggiornamento dei dati di censimento delle opere d'arte 24

24.3 - Valutazione preliminare dell'opera - rif. livello 3 LL.G. 24

24.4 - Monitoraggio evoluzione difetti, anche di tipo strumentale, fisso e non..... 24

24.5 - Prova di carico statico 25

24.5.1 - Esecuzione della prova sui ponti metallici 25

24.5.2 - Esecuzione della prova sui ponti non metallici: 25

24.6 - Prova dinamica..... 25

24.7 - Indagini non distruttive su acciaio e indagini magnetoscopiche 27

24.8 - Indagini ultrasoniche..... 27

24.9 - Valutazione della sicurezza ai sensi del DM 17/01/2018 comprensiva della verifica sismica delle opere d'arte ai sensi della Ordinanza D.P.C.M. 3274/2003 27

Art. 25 – Struttura degli elaborati da produrre..... 29

Art. 26 – Distribuzione delle opere 30

Art. 27 – Accessibilità delle opere d'arte..... 30

Art. 28 – Modalità di contabilizzazione del Servizio. 31

Art. 29 - Osservanza delle leggi e delle disposizioni 31

Art. 30 - Osservanza dei contratti collettivi 31

Capo Terzo: MODO DI ESECUZIONE DELLE Prove di diagnostica strutturale32

1. CALCESTRUZZO32

1.1 Valutazione della Resistenza meccanica con Ultrasuoni..... 32

1.3 Valutazione della Resistenza meccanica attraverso prova di Pull-out (tassello conico)..... 34

1.4 Valutazione della Resistenza meccanica con sclerometro 36

1.5 Valutazione della Resistenza meccanica con metodo Windsor..... 37

1.6 Valutazione della profondità della carbonatazione 38

1.7 Carotaggio..... 40

1.8 Misura delle deformazioni 41

1.9 Indagini con metodo SonReb..... 41

1.10 Indagini tramite endoscopio 44

1.11 Verifica del profilo di penetrazione dello ione-cloruro 45

1.12 Misura della forza di adesione del rivestimento (Pull-Off)..... 45

1.13	Indagini con pacometro	46
1.14	Prova di rilascio tensionale con provino tronco piramidale	47
1.15	Prova di rilascio tensionale con carota strumentata.....	49
2.	ACCIAIO.....	51
2.1	Prelievo di armature	51
2.2	Misura del potenziale di corrosione	52
2.3	Misura dello stato di tensione tramite estensimetri.....	53
2.4	Prove con durometro portatile	53
2.5	Controllo delle saldature con metodo visivo (VT)	54
2.6	Controllo delle saldature con liquidi penetranti (PT)	56
2.7	Controllo delle saldature con particelle magnetiche (MT)	56
2.8	Controllo delle saldature con ultrasuoni (UT)	57
2.9	Prelievo elementi in acciaio da carpenteria metallica	58
2.10	Analisi con spettrometro sulla composizione chimica	60
2.11	Misure di spessore con ultrasuoni.....	61
2.12	Misure di spessore del rivestimento protettivo	62
2.13	Esame macrografico delle saldature	63
2.14	Esame mediante repliche metallografiche.....	64
2.15	Verifica della coppia di serraggio dei bulloni.....	65
2.16	Verifica dell'integrità delle chiodature.....	66
3.	MURATURA	67
3.1	Indagini tramite endoscopio	67
3.2	Indagini con martinetto piatto singolo.....	68
3.3	Indagini con martinetto piatto doppio	69
3.4	Indagini soniche.....	71
3.5	Prelievo di mattoni, pietre, malte e prove di Laboratorio.....	72
3.6	Prelievo di campioni cilindrici di muratura e prove di Laboratorio	73
3.7	Prelievo di campioni di muratura e prove di Laboratorio.....	73
3.8	Sclerometro a pendolo per malte	74
3.10	Sclerometro per malte.....	76

3.11	Shove test.....	76
3.12	Prova in diagonale su pannelli.....	77
3.13	Prova Sheppard (o prova di taglio/compressione in situ)	78
4.	LEGNO.....	79
4.1	Ispezione visiva	79
4.1b	Indagini di Laboratorio	80
4.2	Indagini ultrasoniche	80
4.3	Determinazione del profilo resistografico	81
4.4	Prove di durezza superficiale	82
4.5	Indagini tramite endoscopio	83
5.	PROVE SU STRUTTURE	84
5.1a	Prova di carico statica con martinetti idraulici.....	84
5.1b	Prova di carico statica con sacconi o contenitori d'acqua.....	85
5.2	Caratterizzazione dinamica di una struttura	87
5.3	Modello geometrico dinamico di una struttura	88
5.4	Caratterizzazione dinamica del terreno	88
5.5	Indagine tramite georadar	89
5.6	Rilievo tramite laser-scanner.....	90
5.7	Indagine termografica.....	90
5.8	Indagine tomografica ultrasonica	91
5.9	Misura degli effetti delle vibrazioni su un edificio.....	92
5.10	Misura degli effetti delle vibrazioni sul corpo umano	93
5.11	Misura delle accelerazioni subite dal corpo umano nel percorso di una giostra	94
6.	MONITORAGGI.....	96
6.1	Movimento delle fessurazioni con sistema multicanale in linea	96
6.2	Monitoraggio di cedimenti assoluti con tazze livellometriche	96
6.3	Monitoraggio di ponti a travi precomprese	97
6.4	Monitoraggio vibrazionale.....	100
7.	PROVE SU PALI DI FONDAZIONE E SU TERRENI.....	101

7.1	Prova di carico statica	101
7.2	Prova di carico dinamica – Metodo Case	102
7.3	Prova di Integrità del palo attraverso indagine Cross Hole	103
7.4	Prova di integrità del palo a bassa energia di impatto, PIT	105
7.5	Prova di integrità del palo con monitoraggio termico, metodo TIP	107
7.6	Prova di carico su piastra	107
7.7	Prova con piastra dinamica (LWD - Light Weight Deflectometer)	109
7.8	Caratterizzazione sismica dei terreni con il metodo MASW	111

Art. 1 - Oggetto dell'appalto.

L'appalto è finalizzato alla conclusione di un accordo quadro ai sensi dell'art. 59 del D. Lgs. 36/2023 per l'esecuzione del servizio di **“APPLICAZIONE LINEE GUIDA PER CLASSIFICAZIONE, GESTIONE DEL RISCHIO, VALUTAZIONE SICUREZZA E MONITORAGGIO DEI PONTI ESISTENTI. SERVIZIO DI CENSIMENTO, SCHEDATURA ED ISPEZIONI SPECIALI, VERIFICHE ACCURATE DI LIVELLO 4, PROGETTAZIONE ESECUTIVA DEGLI INTERVENTI SUI PONTI DELLA PROVINCIA DI POTENZA, AI SENSI DEL DM 204/2022”** mediante il quale si stabiliscono le condizioni che resteranno in vigore per il periodo di validità dell'Accordo Quadro e che regolano quindi i conseguenti contratti attuativi.

Le singole prestazioni che saranno di volta in volta individuate dall'Amministrazione saranno disciplinate con specifici contratti attuativi il cui importo sarà determinato dalle prestazioni effettivamente richieste.

La stipula dell'Accordo Quadro **non è fonte di alcuna obbligazione** per la Stazione Appaltante nei confronti dell'appaltatore, costituendo l'Accordo Quadro unicamente il documento base per la regolamentazione dei contratti attuativi. E pertanto, l'appaltatore non avrà nulla a pretendere in relazione al presente Accordo Quadro, fintantoché la Stazione Appaltante non darà esecuzione ai contratti attuativi.

Il servizio in oggetto dovrà essere svolto nel rispetto delle seguenti normative e linee di indirizzo applicabili:

1. Decreto del Ministro delle Infrastrutture e della Mobilità sostenibili n. 204 del 01/07/2022, pubblicato nella GURI del 23.08.2022 ed in vigore dal 24/08/2022, Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti.
2. Istruzioni Operative di ANSFISA – settembre 2022 - per l'applicazione delle linee guida suddette.
3. Decreto del ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018: “Norme tecniche per le Costruzioni”
4. Circolare del 21 gennaio 2019 n. 7 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: “Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018”
5. Legge 5 novembre 1971 n. 1086: “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.

In dettaglio, saranno Oggetto del presente Accordo Quadro le attività previste dal Decreto del Ministro delle Infrastrutture e della Mobilità sostenibili n. 204 del 01/07/2022, le seguenti attività:

- livello 0: completamento schede di censimento già in possesso dell'Ente con le informazioni eventualmente mancanti;
- livello 1 ispezioni visive e predisposizione delle schede di difettosità;
- livello 2: analisi dei rischi rilevanti e classificazione su scala territoriale;
- livello 3: valutazione preliminare delle opere;
- livello 4: verifica accurata della sicurezza;
- Ispezioni speciali (paragrafo 3.6 delle Linee Guida);
- attivazione e mantenimento del sistema di sorveglianza e monitoraggio dell'evoluzione dei difetti;
- esecuzione di ispezioni ordinarie e straordinarie (paragrafo 7.4 delle Linee Guida);
- trasferimento delle informazioni acquisite nelle fasi e attività sopra descritte, nonché di quelle desumibili dalle schede di livello 0, 1 e 2 risultanti da attività già svolte in precedenza dalla Stazione appaltante, nel software per la gestione dei ponti (piattaforma software WeBridge Ponti) in dotazione all'Ente;
- individuazione e progettazione degli interventi necessari al mantenimento/miglioramento della classe di attenzione.

Le attività suddette saranno condotte mediante:

- ispezione visiva alla distanza di contatto con compilazione schede di difettosità;
- rilievi fotografici e geometrici utili all'aggiornamento dei dati di censimento delle opere d'arte;
- monitoraggio evoluzione difetti, anche di tipo strumentale, fisso e non;
- prove di carico statico per il rilievo degli abbassamenti dell'asse longitudinale e delle deformazioni unitarie ed analisi dei risultati;

- prove dinamiche ed analisi dei risultati;
- valutazione della sicurezza ai sensi del DM 17/01/2018 e Circolare 7/2019 – comprensiva della verifica sismica delle opere d'arte;
- indagini non distruttive e semi-distruttive in sito;
- prelievo di campioni per prove distruttive su materiali da costruzione, terre e rocce;
- valutazione delle interferenze con la struttura dei fenomeni idraulici e geologici ed eventuali modellazioni;
- rilievo e restituzione grafica;
- trasferimento delle informazioni desumibili dalle schede di livello 0, 1 e 2 risultanti da attività già svolte in precedenza dalla Stazione appaltante, nel software per la gestione dei ponti (piattaforma software WeBridge Ponti) in dotazione all'Ente;
- inserimento dati sul portale ministeriale AINOP;
- gestione delle attività e delle informazioni sopraelencate tramite piattaforma software per la gestione dei ponti (WeBridge), in dotazione all'Amministrazione Provinciale.

Quanto sopra fornisce un elenco indicativo e non esaustivo: sono da intendersi comprese tutte le prestazioni che nel complesso permettono l'espletamento del servizio richiesto.

I manufatti stradali oggetto del servizio sono tutti i ponti presenti sulle strade di competenza provinciale. A titolo indicativo si allega planimetria della viabilità provinciale con localizzazione dei ponti di maggior rilievo.

Ai sensi dell'art. 11 del D.Lgs. n. 36/2023 il C.C.N.L. da applicare al presente appalto sono i seguenti vigenti contratti : CCNL Studi professionali Confprofessioni Consip, Contratto Edilizia Industria, Contratto Idraulico-Forestale e Idraulico-Agraria.

Gli operatori economici possono indicare nella propria offerta il differente C.C.N.L. da essi applicato, purché garantisca ai dipendenti le stesse tutele di quelli sopra indicati: in tal caso, prima dell'aggiudicazione, verrà acquisita la dichiarazione con la quale l'operatore economico s'impegna ad applicare il C.C.N.L. territoriale indicato nell'esecuzione delle prestazioni oggetto del contratto per tutta la sua durata ovvero la dichiarazione di equivalenza delle tutele, dichiarazione quest'ultima da verificare anche con le modalità di cui all'art 110 del citato D.Lgs. n. 36/2023.

Le prestazioni del presente appalto sono riconducibili alle categorie merceologiche seguenti:

CPV 71350000-6 Servizi scientifici e tecnici connessi all'ingegneria;

Art. 2 - Ammontare dell'appalto.

Il servizio non potrà complessivamente superare la somma di € 2.075.000,00 (di cui € 65.000,00 per oneri della sicurezza non soggetti a ribasso d'asta) oltre IVA 22% eventuali oneri previdenziali e assistenziali 4%.

In particolare si stimano i seguenti importi:

Categoria	Importo complessivo a base di gara
CPV 71350000-6 Servizi scientifici e tecnici connessi all'ingegneria	€ 2.075.000,00
Di cui	
Importo sicurezza non soggetto a ribasso	€ 65.000,00
TOTALE del servizio	€ 2.075.000,00

Si precisa che l'importo indicato rappresenta il tetto massimo di spesa e che l'Amministrazione non è obbligata a ordinare prestazioni fino alla concorrenza di detto importo.

I Servizi avranno una programmazione coerente con le disponibilità finanziarie del Bilancio pluriennale della Provincia di POTENZA ma dovranno essere svolti in maniera tale da concludere le attività di analisi di livello 1 e 2 e la trasmissione dei dati ad AINOP perentoriamente entro il termine indicato al punto 8 Tab. 8.1 delle linee guida approvate con il D.M. 204/2022.

I contratti saranno stipulati "a misura" sulla scorta del ribasso offerto sull'Elenco dei Prezzi Unitari, al quale devono essere sommati gli oneri per la sicurezza, contabilizzati anch'essi a misura sulla base sull'Elenco dei Prezzi Unitari (quest'ultimi non

soggetti a ribasso). A tal proposito si precisa che ai prezzi presenti in elenco, formulati sulla base delle tariffe previste dal D.M. Giustizia 17/06/2016 (ovvero NP01 - NP16), non sarà applicato il ribasso eventualmente offerto.

Fermi restando i limiti di cui all'articolo 120 del D.Lgs. 36/2023 e le condizioni previste dal presente Capitolato Speciale, l'importo del contratto può variare, in aumento o in diminuzione, in base alle quantità di lavorazioni effettivamente eseguite, giusta l'applicazione del ribasso sull'elenco prezzi offerto in sede di gara.

L'elenco prezzi unitari di riferimento è l'Elenco Prezzi Unitari predisposto dal Servizio Viabilità Provinciale di Potenza, da porre in allegato al presente Capitolato Speciale d'Appalto. Nei prezzi unitari delle singole categorie d'opera si intendono sempre comprese e compensate le spese principali e accessorie, i consumi, i trasporti, noli e tutto ciò che è necessario per eseguire il servizio nel modo prescritto.

Con l'affidamento dell'accordo quadro l'aggiudicatario si impegna ad assumere i servizi che saranno successivamente richiesti dalla stazione appaltante, mediante stipula di apposito "contratto applicativo", entro il periodo di validità dell'accordo ed entro il limite massimo di importo complessivo previsto, senza che l'Appaltatore possa pretendere qualsivoglia onere aggiuntivo e/o indennizzo o maggiori compensi di sorta.

L'affidamento dell'accordo quadro non impegna in alcun modo l'Amministrazione ad appaltare tutti i servizi nei limiti di importo definiti dall'accordo.

Gli interventi affidati saranno remunerati mediante l'applicazione del ribasso complessivo offerto in sede di gara all'Elenco Prezzi Unitari ai sensi dei commi 14-bis, 15-ter e 15-quater art. 41 del D.lgs 36/2023.

I contratti applicativi potranno essere di qualsiasi importo e tipologia ricompresa nell'accordo quadro a discrezione dell'Amministrazione Provinciale.

Qualora in corso di esecuzione si renda necessario un aumento o una diminuzione delle prestazioni fino alla concorrenza del quinto dell'importo del contratto, la stazione appaltante può imporre all'appaltatore l'esecuzione alle stesse condizioni previste nel contratto originario. In tal caso l'appaltatore non può far valere il diritto alla risoluzione del contratto (art. 120 comma 9 del D.Lgs. n. 36/2023).

Art. 3 – Durata dell'accordo quadro.

L'Accordo Quadro avrà la **durata di 4 (quattro) anni** a partire dal primo contratto applicativo e comunque fino al raggiungimento dell'importo contrattuale, poiché il finanziamento pluriennale concesso dal MIT ha scadenza al 31/12/2029, e una durata inferiore dell'A.Q. comporterebbe la ripetizione di procedure di gara complesse con notevole aggravio dei tempi e dei costi per la P.A. non compatibili con la celerità richiesta per il procedimento di che trattasi

L'Accordo potrà concludersi anticipatamente, rispetto alla durata stabilita, a seguito di esaurimento della disponibilità economica da parte della Stazione Appaltante.

È facoltà della Stazione Appaltante procedere in via d'urgenza alla consegna dei servizi, anche nelle more della stipulazione formale del contratto, ai sensi dell'art. 17, del D. Lgs. 36/2023, in ragione della necessità di individuare precocemente situazioni di pericolosità dei ponti interessati dalle ispezioni al fine di gestirne l'esercizio in sicurezza.

In tal caso la consegna dei servizi avverrà subito dopo che l'aggiudicazione definitiva sarà divenuta efficace mediante la sottoscrizione del verbale di consegna del servizio in via d'urgenza. Da tale data decorre il termine utile per il compimento dei servizi.

È facoltà dell'Ente utilizzare le economie di gara per affidare ulteriori servizi tecnici atti alla progettazione esecutiva di manufatti che necessitano di interventi urgenti di messa in sicurezza e/o manutenzione straordinaria. A tal riguardo, è parte integrante della documentazione progettuale il documento di indirizzo progettuale (DIP).

Se l'Appaltatore non segue le istruzioni e le direttive fornite dalla Stazione Appaltante per l'avvio dell'esecuzione del contratto, è facoltà della Stazione Appaltante di risolvere il contratto e di incamerare la cauzione definitiva, al fine del risarcimento del danno, senza che ciò possa costituire motivo di pretese o eccezioni di sorta.

Art. 3 bis – Elenco di Operatori Economici idonei

Con l'Accordo Quadro, la stazione appaltante pubblica un bando di gara per selezionare un numero di operatori economici che soddisfano specifici requisiti di idoneità (capacità tecniche, economiche, finanziarie, professionali). Questi operatori vengono contrattualizzati firmatari dell'Accordo Quadro chiuso e l'affidamento dei contratti attuativi avverrà in via diretta tramite Ordinativi di Servizio (OdS) nel rispetto del principio di rotazione e scorrimento della graduatoria, escludendo qualsivoglia successiva procedura di confronto competitivo.

Art. 3-ter - Modalità di affidamento dei contratti applicativi senza riapertura del confronto competitivo

L'affidamento dei singoli contratti applicativi (appalti specifici) avverrà senza riapertura del confronto competitivo, ai sensi dell'art. 59, comma 4, lett. a) del D.Lgs. 36/2023. Tutti i termini che disciplinano l'esecuzione delle prestazioni, le caratteristiche dei servizi tecnici, i lavori connessi e le condizioni economiche (prezzi unitari e ribasso d'asta) sono stabiliti in modo esaustivo, fisso e vincolante nei documenti posti a base di gara.

L'individuazione dell'operatore economico affidatario di ciascuno specifico incarico avverrà sulla base di criteri oggettivi, trasparenti e non discriminatori, in conformità all'art. 59, comma 3 del Codice. Si applicherà il criterio della rotazione tra i 5 (cinque) operatori economici aggiudicatari firmatari dell'Accordo Quadro, seguendo rigorosamente l'ordine della graduatoria definitiva risultante dalla procedura aperta, partendo dal primo classificato.

- Al fine di garantire la tempestività delle tutele infrastrutturali e l'efficienza del servizio, si procederà mediante scorrimento all'operatore successivo in graduatoria esclusivamente al verificarsi delle seguenti condizioni oggettive:
- Saturazione della capacità operativa dell'operatore di turno, definita come titolarità contemporanea di più di 3 (tre) incarichi applicativi in corso di esecuzione, ovvero in caso di accertata e mancata consegna di prestazioni precedenti nei termini contrattuali stabiliti;
- Motivata e formale indisponibilità dell'operatore interpellato, da comunicarsi alla Stazione Appaltante a mezzo PEC entro i termini assegnati;
- Temporanea carenza dei requisiti tecnici minimi o delle attrezzature speciali eventualmente richiesti per la specificità e singolarità dello specifico intervento sulle opere d'arte. L'attivazione delle singole prestazioni avverrà mediante l'emissione diretta di Ordinativi di Servizio (OdS) da parte del Direttore dell'Esecuzione (D.E.). Il corrispettivo di ciascun OdS sarà determinato in modo matematico e vincolante, sottraendo il ribasso percentuale unico offerto dall'operatore economico in sede di gara dall'importo a base d'asta dell'intervento (calcolato sulla scorta delle tariffe e dei prezzi unitari dell'Accordo Quadro). Tale meccanismo esclude qualsiasi margine di discrezionalità nella fase esecutiva e attuativa.

Art. 4 – Ubicazione, Descrizione, Caratteristiche e Prescrizioni dei Servizi.

L'appalto nel suo complesso ha per ubicazione territoriale, tutta la rete stradale gestita dalla Provincia di Potenza e riguarderà i ponti presenti su di esse.

Le attività relative al presente appalto potranno essere limitate alle sole zone indicate dal Direttore dell'Esecuzione (D.E.) in funzione delle disponibilità finanziarie di ogni singolo contratto applicativo e lo stesso D.E. potrà fornire anche indicazioni di priorità in funzione di esigenze locali di pubblico interesse.

Il D.E., direttamente o per tramite dei vari Direttori Operativi, esplicherà degli Ordinativi di servizio relativamente ad insiemi di opere da ispezionare/studiare ed indagare, nonché monitorare.

Le prestazioni oggetto del presente appalto riguardano tutte le attività necessarie per il monitoraggio e l'indagine delle infrastrutture facenti parte della viabilità di gestione provinciale; il servizio pertanto dovrà rispettare almeno le seguenti prestazioni a carico dell'appaltatore:

- pulizia da vegetazione infestante che ostacoli il corretto accesso ai vari punti della struttura oggetto di osservazione e monitoraggio, nonché quella che ostacoli la corretta presa visione dell'opera in generale;
- notifica di pericoli non rimovibili che dovranno essere adeguatamente segnalati con cartelli stradali, ecc..
- impiego di idonei attrezzature e mezzi quali ad es. by-bridge, piattaforme aeree anche per mezzo di noli a caldo regolati, ove necessario, da appositi contratti autorizzati dalla Stazione Appaltante;
- esecuzione di ispezioni, rilievi, verifiche, prove, sondaggi, misurazioni, monitoraggi, il tutto con l'impiego di idonei attrezzature e mezzi.
- redazione di ppte ed esecutivo di progetto relativo alla messa in sicurezza e la manutenzione straordinaria dei manufatti oggetto di codesto accordo quadro su richiesta specifica dell'Ente.

Art. 5- Prestazioni in economia.

Le prestazioni in economia per interventi diversi da quanto previsto dalle voci successivamente dettagliate, ma connessi allo svolgimento della prestazione, avranno carattere di eccezionalità e si limiteranno ad interventi di modesta entità, preliminarmente o diversamente non quantificabili.

Le prestazioni in economia saranno ordinate dal Direttore dell'Esecuzione o dai suoi collaboratori, in tutti i casi in cui, a suo giudizio insindacabile, ricorra l'urgenza o risulti impossibile o difficoltosa la contabilizzazione a misura secondo il prezzario

allegato al contratto; il D.E. specificherà il servizio da eseguire, il numero e qualifica degli operai, nonché la quantità prevista delle ore necessarie per l'esecuzione.

Gli addetti da impiegare nei servizi in economia dovranno essere capaci ed idonei alle prestazioni richieste e dovranno essere provvisti dei necessari attrezzi e mezzi d'opera, nonché risultare regolarmente assicurati in ottemperanza alle norme vigenti ed a quanto prescritto in merito dal presente Capitolato.

Le prestazioni in economia saranno compensate con i relativi prezzi previsti in elenco, per l'importo delle somministrazioni e al lordo del ribasso di gara. Resta inteso che tutte le prestazioni in economia per le quali non sia stata preliminarmente ottenuta la richiesta ed accettazione dal Direttore dell'Esecuzione non potranno essere ammesse a liquidazione.

Alla fine di ogni giornata lavorativa, dovrà essere compilato un prospetto indicante le ore del personale e dei mezzi e materiali utilizzati in economia, che dovrà essere tempestivamente trasmesso a mezzo PEC al D.E. o a personale incaricato dallo stesso, al fine dell'iscrizione nelle liste di contabilità.

Art. 6 - Oneri per la sicurezza.

Gli oneri per gli apprestamenti relativi a garantire i prescritti requisiti di sicurezza e salute dei lavoratori nei cantieri, ai sensi e per gli effetti di cui al D.Lgs. 81/08, riportati nel prospetto di cui all'art. 2 e nell'eventuale Piano di Sicurezza e Coordinamento, non vengono contemplati nella base di gara e pertanto non saranno assoggettati al relativo ribasso; saranno compensati dal Direttore dell'Esecuzione, di concerto con il Coordinatore per l'Esecuzione (se nominato), in funzione delle opere eseguite a misura ed in quote proporzionali per quelle eseguite a corpo.

Tutti gli oneri per la sicurezza riportati negli elaborati di progetto rimarranno invariabili, anche nel caso di variazioni delle categorie di interventi previste dal Capitolato Speciale. Resta inteso che l'impresa dovrà modificare le attività previste dal POS a seguito di prescrizioni da parte della Direttore dell'Esecuzione, del Coordinatore per l'esecuzione e/o delle Autorità preposte senza poter per questo vantare alcun diritto per maggiori oneri economici e/o finanziari e/o proroghe sul tempo contrattuale.

Art. 7 - Esecuzione diretta e limiti al subappalto

Ai sensi e per gli effetti dell'art. 119, comma 2, del D.Lgs. 36/2023, in virtù della natura intellettuale e dell'elevata complessità tecnica delle prestazioni professionali oggetto dell'affidamento, la Stazione Appaltante dispone che le seguenti attività devono essere eseguite obbligatoriamente e direttamente dall'operatore economico aggiudicatario (o dai componenti del Team di lavoro minimo formalmente designati in sede di offerta):

- Sottoscrizione delle schede di ispezione visiva e difettosità (Livelli 1 e 2 delle Linee Guida);
- Elaborazione delle relazioni di calcolo strutturale, valutazioni accurate di Livello 4 e firma della progettazione esecutiva degli interventi.

È viceversa ammesso il ricorso al subappalto, previa formale autorizzazione della Stazione Appaltante nei modi di legge, per le attività materiali, esecutive e strumentali accessorie alla diagnostica e alla preparazione, quali a titolo esemplificativo e non esaustivo:

1. Attività di pulizia delle strutture da vegetazione infestante e preparazione dei siti;
2. Allestimento di ponteggi, recinzioni provvisorie e opere di sicurezza per la viabilità;
3. Esecuzione materiale di indagini in situ, carotaggi meccanici, prelievo di campioni e prove distruttive/non distruttive sui materiali;
4. Fornitura e movimentazione di zavorre o mezzi di spinta oleodinamici per le prove di carico statiche e dinamiche.

Art. 7-bis – Avvalimento.

Stante l'alta specializzazione richiesta per lo svolgimento del servizio in oggetto, è escluso l'avvalimento ai sensi del comma 11 art. 104 del Dlg. 36/2023.

Art. 8 - Sospensioni e riprese - Ordini di servizio.

Le sospensioni e riprese, risultanti da regolari verbali ai sensi dell'art. 121 del D.Lgs 36/2023, costituiscono a tutti gli effetti ordini di servizio, ai quali l'appaltatore non si può opporre, fatta salva la possibilità di iscrizione di riserve in contabilità nei modi stabiliti dalla legge.

Per attività inerenti l'oggetto dell'Accordo Quadro da svolgersi al di fuori della finestra temporale individuata dalla validità dell'accordo quadro, l'appaltatore avrà l'obbligo di esecuzione alle stesse condizioni del presente capitolato, purché i lavori siano stati commissionati ed effettivamente consegnati almeno 30 giorni prima del termine della finestra temporale sopra indicata.

In ogni caso, la durata complessiva dell'Accordo Quadro non potrà superare i 4 (quattro) anni stabiliti, con scadenza tassativa delle attività entro e non oltre il 31/12/2029, in perfetta conformità con i vincoli del finanziamento ministeriale, a partire dalla data della prima consegna e le attività potrebbero esaurirsi con la loro completa consegna alla stazione appaltante in un lasso di tempo successivo, eventualmente evidenziato negli specifici ordinativi di servizio.

Ogni altra disposizione da impartirsi all'appaltatore da parte del Direttore dell'Esecuzione assume la forma di Ordine di Servizio. In ogni caso gli ordini di servizio devono essere controfirmati dall'affidatario per presa visione ed esplicita accettazione, essendo in questo caso esclusa la controfirma con riserva.

Art. 9 - Documenti facenti parte del contratto.

Faranno parte integrante del contratto di appalto da stipulare con l'Appaltatore i seguenti documenti:

- il Capitolato Generale in vigore;
- il Capitolato Speciale di appalto e delle prove diagnostiche strutturali;
- Elenco dei prezzi unitari;
- il Piano Operativo di Sicurezza fornito dall'appaltatore;

In ogni caso l'appaltatore, con la firma del contratto, dichiara di aver preso visione anche degli altri eventuali elaborati progettuali non inseriti nel suddetto elenco e di averli trovati pienamente rispondenti alle attività da eseguire.

Art. 10 - Tempo utile per l'esecuzione dei servizi – Penalità e risoluzione del contratto.

10.1 Natura e Durata Pluriennale delle Prestazioni

I servizi tecnici specialistici oggetto del presente Accordo Quadro assumono carattere strutturalmente pluriennale e si svilupperanno lungo l'intero arco temporale di vigenza dell'istituto contrattuale, stabilito tassativamente in 4 (quattro) anni (annualità 2026-2029), in perfetta e rigorosa coordinazione con i piani di finanziamento ministeriali e le relative disponibilità finanziarie iscritte nel Bilancio pluriennale dell'Ente.

10.2 Modalità di Attivazione tramite Ordinativi di Servizio (OdS)

L'affidamento e l'esecuzione delle singole prestazioni (appalti specifici) avverranno in via progressiva e frazionata, senza riapertura del confronto competitivo, mediante l'emissione diretta di specifici Ordinativi di Servizio (OdS) da parte del Direttore dell'Esecuzione del Contratto (D.E.C.).

Ciascun Ordinativo di Servizio conterrà l'indicazione analitica dei manufatti e delle tratte stradali oggetto di intervento, il dettaglio analitico dei servizi e indagini richiesti, il corrispettivo economico contrattuale determinato matematicamente sulla scorta dei prezzi unitari di gara e il tempo utile di esecuzione, espresso in giorni naturali, solari e consecutivi. I termini temporali saranno determinati dal D.E.C. in funzione del grado di complessità tecnica delle prestazioni e delle scadenze di rendicontazione dei fondi.

10.3 Termine di Avvio delle Prestazioni e Penale per Ritardato Inizio

A far data dal formale ricevimento dell'Ordinativo di Servizio a mezzo Posta Elettronica Certificata (PEC), l'Operatore Economico affidatario ha l'obbligo inderogabile di garantire l'effettivo inizio delle prestazioni in campo e/o in laboratorio entro il termine perentorio di 7 (sette) giorni naturali e consecutivi.

In caso di ingiustificato ritardo nell'avvio delle attività rispetto al termine sopra indicato, verrà applicata a carico dell'Appaltatore una penale fissa pari all'1‰ (uno per mille) dell'ammontare netto contrattuale del rispettivo Ordinativo di Servizio.

10.4 Penalità per Ritardo nell'Ultimazione e nella Consegna

Ove l'Appaltatore non attenda ai termini esecutivi fissati nel singolo Ordinativo di Servizio per la conclusione delle operazioni, per la redazione e formale consegna dei report, delle relazioni di calcolo, degli elaborati grafici, ovvero per il corretto caricamento, popolamento e trasmissione dei dati sulle piattaforme informatiche indicate dalla Stazione Appaltante (piattaforma software WeBridge Ponti in dotazione all'Ente e portale ministeriale AINOP), si applicherà una penale giornaliera pari all'1‰ (uno per mille) dell'ammontare netto del rispettivo ordinativo per ogni giorno naturale e consecutivo di ritardo.

10.5 Clausola di Insensibilità alle Condizioni Atmosferiche Avverse

L'Appaltatore prende formale ed esplicito atto che i servizi tecnici specialistici oggetto del presente appalto dovranno essere garantiti ed eseguiti con continuità anche in presenza di condizioni atmosferiche meteorologiche sfavorevoli o avverse. Pertanto, tali evenienze non potranno in alcun modo essere invocate dall'Impresa quale causa di forza maggiore o giustificazione per posticipi, ritardi o sospensioni nella conclusione delle operazioni e nella consegna degli elaborati nei termini stabiliti.

10.6 Natura delle Penalità e Salvaguardia degli Obblighi

L'applicazione e il pagamento delle penali di cui ai commi precedenti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dal perfetto adempimento dell'obbligo contrattuale di eseguire correttamente, completamente e in modo soddisfacente tutte le prestazioni pattuite, né sostituiscono o sanano le attività non eseguite o eseguite in modo difforme rispetto alle prescrizioni tecniche di Capitolato.

10.7 Procedimento di Contestazione dell'Inadempimento e Trattenute

L'applicazione delle penali sarà preceduta da una formale contestazione scritta dell'inadempienza mossa dal Direttore dell'Esecuzione (D.E.C.), contro la quale l'Aggiudicatario avrà la facoltà di presentare le proprie deduzioni e giustificazioni scritte entro il termine perentorio di 15 (quindici) giorni dalla notifica.

Qualora le giustificazioni non siano presentate o vengano formalmente respinte poiché ritenute non idonee, l'ammontare delle penali verrà trattenuto direttamente sul primo certificato di pagamento o Stato di Avanzamento Lavori (SAL) utile successivo alla definizione del contratto, ovvero liquidato a valere sulle garanzie fideiussorie costituite.

10.8 Risoluzione Anticipata del Contratto

La risoluzione del contratto per gravi e reiterate inadempienze contrattuali, per ritardi ingiustificati che comportino l'applicazione di penali complessive superiori al limite massimo stabilito dalla legge, o per il verificarsi delle ulteriori fattispecie decadenziali indicate nella lex specialis, è interamente disciplinata dall'art. 122 del D.Lgs. 36/2023 e successive modifiche ed integrazioni, fatto salvo il diritto della Stazione Appaltante al risarcimento del maggior danno infrastrutturale ed economico patito.

Art. 11 - Ordine da tenersi nell'andamento dei servizi – Piano operativo di sicurezza.

L'eventuale impresa coinvolta in lavorazioni accessorie al servizio, entro 30 giorni dall'affido e comunque prima dell'inizio dei lavori, redige e consegna all'AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI POTENZA i documenti previsti dal D.Lgs 81/08 con particolare riferimento al Piano Operativo di Sicurezza.

L'AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI POTENZA, tra diversi ordinativi di servizio e anche all'interno del singolo ordinativo, si riserva comunque il diritto di stabilire l'esecuzione di un determinato intervento entro un congruo perentorio termine o di disporre diversamente l'ordine dei servizi nel modo che riterrà più conveniente, specialmente in relazione alle esigenze connesse alla sicurezza stradale, alla logistica e alla gestione degli eventi che potrebbero interessare le strade (es. manifestazioni sportive, interruzioni e modifica della viabilità, ecc...) senza che l'Aggiudicatario possa rifiutarsi o farne oggetto di richiesta di particolari compensi, fatto salvo il pagamento dei servizi ai prezzi di elenco, dedotto il ribasso offerto.

Art. 12 - Personale dell'Impresa, disciplina dei cantieri - Requisiti minimi di esecuzione del Servizio.

ATTIVITÀ SUCCESSIVE ALL'AGGIUDICAZIONE:

L'Appaltatore è tenuto a comunicare alla Stazione Appaltante:

- a) le generalità del Responsabile delle attività e del suo eventuale sostituto, al quale affidare il coordinamento di tutte le attività volte all'adempimento degli obblighi contrattuali;
- b) un indirizzo e-mail e di posta elettronica certificata e due numeri telefonici;

Il Responsabile di cui sopra risponderà, a tutti gli effetti di legge, dell'andamento dei servizi nel rispetto delle clausole contrattuali, nonché di tutta l'organizzazione dei servizi e della incolumità degli addetti, nel rispetto di tutte le vigenti norme sulla prevenzione degli infortuni e sull'igiene dei luoghi di lavoro, in particolare per gli effetti del D. Lgs. 81/08.

Ferma restando la composizione minima delle squadre di censimento, ispezione e rilievo specificata ai punti seguenti, l'appaltatore dovrà provvedere alla condotta effettiva delle attività con personale idoneo, di provata capacità ed adeguato, numericamente e qualitativamente alla necessità degli interventi, in relazione all'impegno per il rispetto delle scadenze e delle richieste dell'Ente.

REQUISITI GENERALI DI ESECUZIONE:

Il Personale Tecnico Ispettivo che espletterà le attività è definito come segue:

- **Responsabile delle attività:** esperto in attività di ispezioni di ponti e viadotti con diploma di laurea in ingegneria quinquennale, abilitato all'esercizio della professione di ingegnere – iscritto all'Albo di propria competenza, Sezione A), da almeno 5 anni, con comprovata esperienza nelle strutture da ponte, nelle strutture in genere e in tecnologia dei materiali da costruzione. Il Responsabile delle attività deve coordinare le altre figure che compongono la squadra di rilevamento, deve sottoscrivere i dati raccolti ed ha l'onere della gestione dei flussi informativi verso l'ente appaltante e gli altri enti eventualmente coinvolti.
- **Geologo:** iscritto all'albo di propria competenza e esperto in **analisi dell'interazione tra l'infrastruttura e il territorio circostante**. Le "Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti", hanno infatti istituzionalizzato e reso imprescindibile questo tipo di valutazione, affiancandola a quella puramente strutturale e sismica. Attività principali sono la valutazione del rischio idraulico l'analisi geotecnica dei terreni di fondazione e lo studio della pericolosità sismica del sito.
- **Tecnico Ispettore:** tecnico laureato in ingegneria iscritto all'albo professionale degli ingegneri sezione A da almeno 2 anni. Il Tecnico Ispettore deve avere comprovata esperienza di rilievi e misurazioni in laboratorio ed in situ. Deve essere sempre presente nelle fasi di ispezione; deve coordinare le modalità operative di dettaglio necessarie per eseguire correttamente l'attività di censimento ed ispezione delle opere.
- **Tecnico Sperimentatore:** tecnico in possesso del diploma di geometra o tecnico laureato (laurea in ingegneria civile, edile o architettura), con comprovata esperienza di rilievi e misurazioni in laboratorio ed in situ. Il tecnico sperimentatore ha il compito di assistere il tecnico ispettore durante tutte le fasi di censimento ispezione e ulteriore indagine, svolgendo le eventuali attività di misura e di rilevamento di supporto all'ispezione, con gli strumenti per i quali risulti avere comprovata esperienza.

- **Tecnico Catalogatore:** tecnico con comprovata esperienza informatica, in particolare in gestione di database e formattazione dei dati, di disegno vettoriale e di grafica in genere. Il tecnico catalogatore ha il compito di ricevere e conservare correttamente tutto il materiale prodotto in situ durante le fasi di censimento ed ispezione visiva primaria delle opere, e quanto ottenuto dall'eventuale conduzione di ulteriori indagini sull'opera, di conservare tale materiale secondo le procedure previste, di inserire tutti i dati ottenuti nel software applicativo di gestione in dotazione all'ente appaltante, di produrre i files di disegno vettoriale, di formattare in modo corretto e conservare i files fotografici acquisiti in situ, attenendosi alle prescrizioni riportate nel presente documento.

Personale Tecnico per il Rilievo:

- **Rilevatore Capo:** esperto in attività di rilievo, in possesso di diploma di laurea in ingegneria o equipollente conseguita all'estero, o di diploma di laurea in architettura, dell'abilitazione all'esercizio della professione di ingegnere o architetto - Sezione A), con comprovata esperienza nelle strutture da ponte, nelle strutture in genere e nei rilievi topografici. Il Rilevatore Capo deve essere sempre presente nelle fasi di rilievo, deve coordinare le altre figure che compongono la squadra di rilevamento, deve sottoscrivere i dati raccolti ed ha l'onere della gestione dei flussi informativi verso l'ente appaltante e gli altri enti eventualmente coinvolti.

- **Tecnico Rilevatore:** Tecnico diplomato e/o laureato, iscritto all'albo professionale di riferimento da almeno 5 anni (per diplomato) o 2 anni (per laureato). Il Tecnico Rilevatore deve avere comprovata esperienza di rilievi e/o misurazioni con laser scansione. Deve coordinare le modalità operative di dettaglio necessarie per eseguire correttamente l'attività di rilievo, deve conoscere i programmi applicativi per la restituzione dei dati delle nuvole di punti 3D.

Altro personale:

- **personale di "ausilio alle attività",** si deve occupare di: regolazione della viabilità sulle infrastrutture interessate dall'attività, movimentazione delle strutture provvisorie per accedere ai punti da ispezionare, pulizia delle strutture per renderle accessibili alle attività di censimento, ispezione e rilievo, etc..

Lo svolgimento dell'attività da parte dell'operatore economico può essere effettuato anche avvalendosi di più squadre di rilevamento per lo svolgimento delle operazioni di censimento, ispezione e rilievo.

La composizione della singola squadra non può essere inferiore a quanto previsto nel presente documento.

La singola squadra che effettui l'attività di **censimento** su una determinata opera deve essere composta almeno da:

- n. 1 Tecnico Sperimentatore
- n. 1 personale di ausilio alle attività.

Il Tecnico Ispettore, anche se non prende parte in modo continuativo alle operazioni di censimento su una determinata opera, deve essere ugualmente indicato nei documenti riguardanti il censimento dell'opera, in quanto deve coordinare e dettare le indicazioni procedurali di dettaglio per lo svolgimento dell'attività di censimento; inoltre il Tecnico Ispettore è la figura, all'interno della singola squadra, responsabile della gestione del flusso di informazioni durante lo svolgimento dell'attività di censimento.

La responsabilità della correttezza di tutti i dati rilevati durante lo svolgimento dell'attività di censimento di una determinata opera è in capo al Responsabile delle attività che ha comunque l'obbligo di supervisionare ed approvare quanto rilevato durante la fase di censimento delle opere.

La singola squadra che effettui l'attività di **ispezione o indagine** su di un'opera deve essere composta almeno da:

- n. 1 Tecnico Ispettore
- n. 1 Tecnico Sperimentatore
- n. 1 personale di ausilio alle attività eventualmente.

Il Tecnico Ispettore definisce, coordina ed indirizza tutte le attività che riguardano lo svolgimento dell'attività ispettiva su un'opera, è responsabile del corretto svolgimento delle attività di ispezione sull'opera e della correttezza dei dati rilevati durante tale attività. Il Responsabile delle attività, anche se non prende parte in modo continuativo alle operazioni di ispezione su una determinata opera, deve essere ugualmente indicato nei documenti riguardanti l'ispezione dell'opera, in quanto deve coordinare e dettare le indicazioni procedurali di dettaglio per lo svolgimento dell'attività di ispezione; inoltre è la figura responsabile della gestione del flusso di informazioni durante lo svolgimento dell'attività.

La singola squadra che effettui l'attività di **rilievo** su una determinata opera deve essere composta almeno da:

- n. 1 Rilevatore Capo,
- n. 1 Geologo,
- n. 1 Tecnico Rilevatore,
- n. 1 personale di ausilio alle attività, se necessario.

Il Rilevatore Capo, anche se non prende parte in modo continuativo alle operazioni di rilievo su una determinata opera, deve essere ugualmente indicato nei documenti riguardanti il rilievo dell'opera, in quanto deve coordinare e dettare le indicazioni procedurali di dettaglio per lo svolgimento dell'attività di acquisizione, elaborazione e restituzione dei dati.

Qualora durante lo svolgimento del servizio i componenti del team di lavoro minimo ed i componenti del team di lavoro per lo svolgimento dei vari ambiti disciplinari del servizio indicati in fase di gara dovessero mutare, l'appaltatore dovrà comunicare, entro 15 giorni dalla modifica, i nominativi dei nuovi soggetti che prenderanno parte alle attività, garantendo il mantenimento dei requisiti speciali, dell'esperienza pregressa e delle competenze dei soggetti uscenti indicate in fase di gara.

Art. 13 – Proprietà delle risultanze e obblighi di riservatezza.

I diritti di proprietà e/o di utilizzazione e sfruttamento economico di tutti i prodotti previsti generati dall'Affidatario nell'ambito o in occasione dell'esecuzione del presente appalto, rimarranno di titolarità esclusiva della Provincia di Potenza che potrà, quindi, disporre, senza alcuna restrizione, la pubblicazione, la diffusione, l'utilizzo, la vendita, la duplicazione e la cessione anche parziale.

L'Affidatario ha l'obbligo di mantenere riservati i dati e le informazioni, ivi comprese quelle che transitano per le apparecchiature di elaborazione dati, di cui venga a conoscenza o in possesso durante l'esecuzione del servizio, o comunque in relazione ad esso, e di non divulgarli in alcun modo e in qualsiasi forma e di non farne oggetto di utilizzazione a qualsiasi titolo per scopi diversi da quelli strettamente necessari all'esecuzione del presente servizio. L'obbligo di cui al comma precedente sussiste, altresì, relativamente a tutto il materiale originario o predisposto in esecuzione del presente servizio.

L'Affidatario è responsabile per l'esatta osservanza, da parte dei propri dipendenti, consulenti e collaboratori, degli obblighi di segretezza anzidetta.

L'Affidatario si impegna, altresì, al rispetto del D.lgs. 30 giugno 2003, n. 196 e dei relativi regolamenti di attuazione, a pena di risoluzione del contratto.

Art. 14 - Contabilità dei servizi - Pagamenti in acconto – Tracciabilità dei flussi finanziari.

Con cadenza individuata nell'ambito dei singoli ordinativi di servizio e comunque al termine di ogni contratto applicativo è obbligo dell'appaltatore consegnare alla committenza gli elaborati (schede, elaborati grafici, rilievi ecc.) scaturiti dai servizi effettuati, ovvero condividerne i contenuti tramite il software WeBridge previsto dalle Linee Guida in dotazione all'Ente.

I pagamenti avverranno tramite stati di avanzamento, previa emissione di regolare fattura secondo le seguenti modalità:

SAL per ogni volta che all'interno del contratto di servizio l'attività raggiunga una soglia corrispondente a € 50.000,00 o un suo multiplo (es. € 100.000,00, € 150.000,00, ecc...);

SAL Finale al momento del completamento del contratto applicativo di servizio e della successiva emissione del Certificato di Verifica di Conformità/Certificato di Regolare Esecuzione (art. 36 e seguenti Allegato II.14 del D.Lgs. 36/2023).

Nel caso in cui il contratto applicativo di lavoro sia di importo inferiore a complessivi € 50.000,00 l'unico SAL previsto sarà direttamente quello Finale, secondo le modalità specificate al precedente capoverso.

Ai sensi dell'art. 33 comma 1 bis dell'allegato II.14 del D.Lgs. 36/2023 è prevista un'anticipazione del prezzo del 10%.

La contabilità dovrà specificare le attività ed i relativi importi svolti da eventuali diversi dall'appaltatore (es. subappaltatori).

La fattura potrà essere emessa, previo nullaosta del Direttore dell'Esecuzione, solo dopo la verifica della contabilità dei servizi svolti.

L'Appaltatore in ottemperanza a quanto previsto in merito alla tracciabilità dei flussi finanziari dall'art. 3 della Legge 13.08.2010, n. 136 e successive modifiche dovrà riportare nella fattura le prestazioni effettuate, il codice CIG assegnato all'appalto, il codice CUP, oltre ai dati della determinazione di impegno.

Ai sensi della Legge 244/2007, commi 209-214, in materia di obbligo di fatturazione elettronica, l'Appaltatore si impegna a trasmettere correttamente le fatture in formato digitale.

I pagamenti delle fatture avverranno tramite bonifico bancario entro 30 giorni data fattura fine mese.

Ogni pagamento è altresì subordinato:

a) alla verifica della regolarità contributiva, eventualmente anche tramite l'acquisizione del DURC, dell'Appaltatore e degli eventuali subappaltatori;

b) agli adempimenti in favore dei subappaltatori e subcontraenti;

c) all'ottemperanza alle prescrizioni in materia di tracciabilità dei pagamenti ed alle disposizioni di cui all'art. 3 della legge n. 136/2010.

Le fatture dovranno essere compilate secondo le leggi vigenti e convalidate dal Direttore dell'Esecuzione, che provvederà ad applicare le detrazioni economiche per ogni servizio, nel caso di servizi:

- totalmente o parzialmente non eseguiti;
- eseguiti difformemente alle prescrizioni tecniche del Capitolato Speciale di Appalto e direttive impartite.

In caso di inottemperanza agli obblighi sopra precisati, accertata dal Direttore dell'Esecuzione, la Stazione Appaltante comunica all'impresa l'inadempienza accertata e procede alla sospensione del pagamento del corrispettivo del servizio.

Ai sensi dell'art. 3 della legge n. 136/2010, tutti i pagamenti relativi all'affidamento della presente gara, saranno effettuati esclusivamente tramite lo strumento del bonifico bancario o postale, su conto corrente bancario o postale, accesi presso banche o presso la società Poste Italiane Spa, dedicati, anche in via non esclusiva, alle commesse pubbliche. A tal fine l'affidatario comunicherà alla Stazione Appaltante gli estremi identificativi del conto corrente dedicato, nonché le generalità e il codice fiscale delle persone delegate ad operare su di essi.

L'Appaltatore, con la stipula del contratto relativo ai singoli contratti applicativi di servizio, si assume gli obblighi di tracciabilità dei flussi finanziari di cui alla legge 136/2010. Il mancato utilizzo del bonifico bancario o postale ovvero degli altri strumenti idonei a consentire la piena tracciabilità delle operazioni costituisce causa di risoluzione del contratto.

L'Appaltatore si assume l'obbligo di trasmettere alla Stazione Appaltante, ai fini della verifica di cui al comma 9 dell'art. 3 della legge 136/2010, tutti i contratti eventualmente sottoscritti con i subappaltatori e i subcontraenti della filiera delle imprese a qualsiasi titolo interessate ai servizi e alle forniture relativi alla presente gara; i contratti privi della clausola con la quale i subappaltatori e i subcontraenti della filiera delle imprese si assumono gli obblighi di tracciabilità dei flussi finanziari di cui alla legge 136/2010, sono affetti da nullità assoluta.

Art. 15 – Contratti – Stipula – Spese relative e Cauzione

L'appaltatore del servizio è tenuto a stipulare apposito contratto nella forma di atto pubblico. Il contratto diventa esecutivo nei termini e modalità di cui all'art. 18 del DLgs 36/2023.

Sono a carico dell'Appaltatore i seguenti obblighi:

- a. le spese relative all'appalto ed alla stipulazione del contratto, quelle per le copie dei documenti e dei disegni nonché tutte le spese per le tasse, imposte, diritti di segreteria per licenze e concessioni comprese quelle di bollo e la tassa fissa di registro sul contratto stesso;
- b. le spese e tasse per eventuali autorizzazioni e permessi da richiedersi a terzi, enti statali, regionali e comunali che si rendessero necessari per lo svolgimento del servizio previsto dal presente capitolato;
- c. comunicare tempestivamente alla Stazione Appaltante ogni modificazione intervenuta negli assetti proprietari, nella struttura dell'impresa e negli organismi tecnici ed amministrativi; nonché agli adempimenti di cui al DPCM 187/1991;
- d. divieto di cessione anche parziale del contratto a pena di nullità ai sensi dell'art. 119, comma 1, DLgs 36/2023. - 8 - In caso di cessione, trasferimento, fusione e scissione dell'azienda si applica l'art. 120, comma 1 lett. d), DLgs 36/2023;
- e. è ammessa la cessione dei crediti, ai sensi del combinato disposto dell'art. 120, comma 12, del D.Lgs. 36/2023 e ss.mm.ii. e della legge 21 febbraio 1991, n. 52, a condizione che il cessionario sia un istituto bancario o un intermediario finanziario iscritto nell'apposito Albo presso la Banca d'Italia e che il contratto di cessione, stipulato mediante atto pubblico o scrittura privata autenticata, sia notificato alla Stazione Appaltante in originale o in copia autenticata, prima o contestualmente al certificato di pagamento sottoscritto dal R.U.P.

A garanzia dell'esatto adempimento delle obbligazioni contrattuali assunte, nonché del risarcimento dei danni derivanti dall'inadempimento delle obbligazioni stesse, l'appaltatore è tenuto a versare, prima della stipula del contratto, la cauzione definitiva secondo le previsioni e con le modalità indicate dall'art. 117 del DLgs 36/2023.

La mancata costituzione della garanzia di cui al comma 1 art. 117 D.Lgs. 36/2023 determina la decadenza dell'affidamento e l'acquisizione della garanzia provvisoria presentata in sede di offerta da parte della stazione appaltante, che aggiudica l'appalto al concorrente che segue nella graduatoria. La cauzione definitiva va reintegrata ogni qualvolta la Provincia operi su di essa prelevamenti per fatti connessi con l'esecuzione del contratto; ove ciò non avvenga entro il termine di quindici giorni dalla lettera di comunicazione inviata al riguardo dalla Provincia, quest'ultima ha la facoltà di risolvere il contratto.

Il deposito cauzionale definitivo è progressivamente svincolato e restituito al contraente a misura dell'avanzamento dell'esecuzione, con le modalità indicate all'art. 117 del DLgs 36/2023. L'importo cauzionale residuo resta vincolato fino al termine dell'appalto ed all'avvenuta conclusione del servizio oggetto del presente appalto e viene restituito all'appaltatore solo dopo il soddisfacimento, da parte di questi, di tutti gli obblighi ed oneri prescritti dal contratto e dalle leggi vigenti.

Art. 16 – Verifica conformità/C.R.E.

Il certificato di verifica di conformità sarà redatto ai sensi dell'art. dall'art. 116 del D.lgs 36/2023; potrà essere sostituito con il Certificato di Regolare Esecuzione se ricorrono i presupposti dell'art. 38 dell'allegato II.14 del D.Lgs 36/2023, con il visto sulle liquidazioni delle fatture.

Il CRE dovrà essere emesso entro 3 mesi dalla ultimazione del servizio

Nel corso del servizio, o comunque prima dell'atto di certificazione dell'ultimazione del servizio, il D.E. provvederà alle verifiche, e constatazioni necessarie per accertare se i singoli interventi siano stati eseguiti conformemente e quindi possano essere accettati.

Art. 17 – Garanzie e assicurazioni.

Per la partecipazione alla procedura di gara è necessario versare una **garanzia provvisoria** pari al **2 per cento** dell'importo complessivo netto a base di gara secondo le modalità previste dall'art. 106 del D. Lgs. 36/2023.

Per la sottoscrizione del contratto l'appaltatore costituisce una garanzia, denominata «**garanzia definitiva**», a sua scelta sotto forma di cauzione o fideiussione con le modalità previste dall'articolo 106 del Codice.

L'importo della garanzia per tutti gli operatori economici aggiudicatari è pari al 2 (due) per cento dell'importo dell'Accordo Quadro.

L'importo della **garanzia per i contratti attuativi**, ai sensi dell'art. 117, commi 1 e 2 del D. Lgs. 36/2023, è fissato in misura pari al 10 per cento del valore del singolo contratto. In caso di aggiudicazione con ribasso d'asta superiore al 10 per cento, tale garanzia è aumentata di tanti punti percentuali quanti sono quelli eccedenti il 10 per cento e nel caso in cui il ribasso è superiore al 20 per cento, l'aumento è di due punti percentuali per ogni punto di ribasso superiore al 20 per cento.

Ai sensi dell'Art. 117 comma 10 D.Lgs. 36/2023 l'aggiudicatario è tenuto a presentare una apposita polizza, in corso di validità al momento della stipula del contratto, per R.C.T., da stipularsi con compagnia di assicurazione di primaria importanza in dipendenza dell'esecuzione del contratto, con impegno a rinnovarla per tutto il periodo contrattuale.

La polizza R.C.T. deve anche coprire i danni subiti da terzi in conseguenza dello svolgimento del servizio e la stessa deve specificatamente prevedere l'indicazione che fra i terzi si intendono compresi i rappresentanti della Stazione Appaltante deputati al controllo del servizio.

La polizza suddetta deve avere massimali non inferiori ai seguenti:

- catastrofe € 1.500.000,00
- per persona € 1.500.000,00
- per danni a cose ed animali pari al 5 per cento della somma assicurata

Tale polizza deve essere presentata alla Stazione Appaltante prima dell'inizio del servizio e rinnovata annualmente per tutta la durata del servizio. La Stazione Appaltante resta comunque estranea ad ogni rapporto intercorrente tra l'appaltatore e la compagnia di assicurazioni, in quanto la stipula del contratto non solleva in alcun modo l'appaltatore dalle sue responsabilità nei confronti della Stazione Appaltante, anche in eccedenza ai massimali indicati per eventuali danni a cose o persone in relazione all'esecuzione del servizio.

Infine, l'aggiudicatario deve essere in possesso di una polizza per la copertura dei rischi di natura professionale a carico dei professionisti firmatari, in corso di validità e conforme alle disposizioni del D.Lgs. 36/2023 e dell'Allegato II.12, con massimale pari almeno al **10%** dell'importo del contratto attuativo.

Art. 18 – Prezzi e nuovi Prezzi

I prezzi previsti nell'elenco prezzi dell'accordo quadro, eventualmente ribassati della percentuale offerta dall'Appaltatore in sede di gara, devono essere intesi comprensivi di ogni spesa e, come tali, sono fissi ed invariabili. Nei prezzi contrattuali prefissati per ciascun intervento si intende inglobato, senza eccezione, qualsiasi ulteriore intervento che risulti necessario ai fini dell'espletamento del servizio a cui il prezzo si riferisce, anche quando tali oneri non siano esplicitamente o completamente dichiarati nell'elenco descrittivo dei relativi prezzi unitari.

I prezzi di cui sopra si intendono accettati dall'Appaltatore e, in quanto tali, restano fissi ed invariabili per tutta la durata dell'Accordo Quadro, fatta salva la revisione prezzi prevista dall'art. 60 del D.Lgs. 36/2023.

Qualora si rendesse necessario eseguire attività non previste nell'elenco prezzi i nuovi prezzi verranno desunti:

- a) ragguagliandoli a quelli di lavorazioni consimili comprese nel contratto;
- b) quando sia impossibile l'assimilazione, ricavandoli totalmente o parzialmente da nuove regolari analisi.

Tutti i nuovi prezzi sono soggetti al ribasso d'asta.

In relazione alle modifiche dei contratti in corso di esecuzione, qualora in corso di esecuzione si renda necessario ridurre o incrementare l'importo contrattuale nella misura di un quinto, in ragione del servizio da effettuarsi, la Stazione Appaltante si riserva la facoltà di imporre all'appaltatore l'esecuzione alle condizioni originariamente previste ed in tal caso l'appaltatore non può far valere il diritto alla risoluzione del contratto, ai sensi dell'art. 120, comma 9 del D.Lgs. n. 36/2023.

Art. 18 bis Clausole di revisione dei prezzi

La Stazione appaltante può dar luogo ad una revisione dei prezzi ai sensi dell'art. 60 del D.Lgs. 36/2023.

Tali clausole di revisione prezzi si attivano qualora nel corso dell'esecuzione dell'Accordo Quadro si determini una variazione del costo del servizio, in aumento o in diminuzione, superiore al 5 per cento dell'importo complessivo e operano nella misura dell'80 per cento del valore eccedente la variazione del 5 per cento applicata alle prestazioni da eseguire.

La compensazione è determinata considerando gli indici sintetici ai sensi dell'art. 60 comma 4-quater del D.Lgs. 36/2023 .

Ai fini della determinazione della variazione del prezzo del contratto di servizi ai sensi dell'articolo 60, comma 3, lettera b) si applica l'**indice unico** individuato nella **Tabella D.2 dell'Allegato II.2-bis**, codice **PPS [71]** (Attività degli studi di architettura e d'ingegneria; collaudi ed analisi tecniche)." . L'indice a base del calcolo è quello vigente nel momento della aggiudicazione. I valori ed indici sono reperibili sul sito di ISTAT <https://esploradati.istat.it/> o <http://dati.istat.it/> .

Per far fronte ai maggiori oneri derivanti dalla revisione prezzi di cui al presente articolo le stazioni appaltanti utilizzano:

- nel limite del 50%, le risorse appositamente accantonate per imprevisti nel quadro economico di ogni intervento, fatte salve le somme relative agli impegni contrattuali già assunti, e le eventuali ulteriori somme a disposizione della medesima stazione appaltante e stanziare annualmente relativamente allo stesso intervento;
- le somme derivanti da ribassi d'asta, se non ne è prevista una diversa destinazione dalle norme vigenti;
- le somme disponibili relative ad altri interventi ultimati di competenza della medesima stazione appaltante e per i quali siano stati eseguiti i relativi collaudi o emessi i certificati di regolare esecuzione, nel rispetto delle procedure contabili della spesa e nei limiti della residua spesa autorizzata disponibile.

Art. 19 - Misure di sicurezza relative alla viabilità.

Si richiama in particolare l'attenzione dell'Aggiudicatario sulla necessità che tutto il personale opera entro il perimetro stradale, sia munito di vestiario fosforescente/retroriflettente di sicurezza, conforme alle vigenti norme, seguendo anche le istruzioni che in proposito impartirà il personale dell'amministrazione PROVINCIALE DI POTENZA.

In caso di grave inadempienza o di recidiva nelle violazioni delle suddette norme di sicurezza, oltre all'applicazione delle sanzioni ivi previste, l'Amministrazione PROVINCIALE DI POTENZA può risolvere il contratto in danno dell'Impresa.

L'Aggiudicatario si impegna ad osservare tutte le norme prescritte e si assume ogni responsabilità derivante dalla condotta del proprio personale e in particolare per quanto concerne infortuni a persone o danni a cose od intralcio all'esercizio del traffico stradale. L'Aggiudicatario sarà in ogni caso tenuta a risarcire i danni risentiti dall'Amministrazione PROVINCIALE DI POTENZA o da terzi, in dipendenza dell'esercizio dei servizi di cui al presente Capitolato Speciale di appalto.

I provvedimenti di cui sopra devono essere presi sempre a cura ed iniziativa dell'Aggiudicatario, ritenendosi impliciti negli obblighi contrattuali.

Nei casi di urgenza, l'Aggiudicatario ha espresso obbligo di prendere ogni misura, anche di carattere eccezionale, per salvaguardare la sicurezza pubblica, avvertendo immediatamente il Direttore dell'Esecuzione.

I servizi dovranno essere eseguiti a transito aperto.

Gli oneri conseguenti il servizio derivanti dalla frammentarietà delle attività, dalle esigenze di rapidità o da necessità di svolgimento del servizio nelle ore notturne, si intendono interamente compensati con i prezzi di elenco.

Art. 20 - Responsabilità dell'Impresa - Risoluzione anticipata del contratto – Controversie – Variazioni dell'Appaltatore.

Sarà obbligo dell'Appaltatore adottare, nella esecuzione delle attività ed indipendentemente dalle prescrizioni del D.E. ed eventualmente del Coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione e/o dell'Autorità competente, tutti i provvedimenti e le cautele necessari per garantire la vita e la salute degli operai, delle persone addette ai servizi stessi e dei terzi, nonché per evitare danni a beni pubblici e privati.

Resta convenuto che, qualora dovessero verificarsi danni alle persone od alle cose, per mancanza, insufficienza od inadeguatezza di segnalazioni, in relazione alle prescrizioni del Nuovo Codice della Strada e relativo Regolamento già citati o in dipendenza dell'inosservanza di quanto riportato al precedente comma, l'Appaltatore terrà sollevata ed indenne l'AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI POTENZA ed il personale da essa dipendente da qualsiasi pretesa o molestia,

anche giudiziaria, che potesse provenirle da terzi e provvederà a suo carico al completo risarcimento dei danni che si fossero verificati.

Agli effetti tutti del contratto il domicilio dell'Appaltatore è quello indicato nel contratto, mentre quello della AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI POTENZA è presso la sua sede Potenza, Piazza Mario Pagano n 1.

In caso di controversie l'Appaltatore resta tuttavia tenuto ad uniformarsi sempre alle disposizioni del D.E., senza poter sospendere o ritardare l'esecuzione dei servizi appaltati o ordinati, invocando eventuali divergenze tecniche o contabili e ciò a pena di rivalsa per i danni che potessero derivare all'Amministrazione PROVINCIALE DI POTENZA.

Nel caso di iscrizione di riserve nel Registro di Contabilità, qualora il loro importo ecceda i limiti indicati dall'art. 210 del D.lgs 36/2023, si procederà al tentativo di accordo bonario con le procedure stabilite all'art. citato.

Qualora l'accordo bonario non risultasse possibile, una volta espletate le procedure in sede di conto finale e definizione delle riserve secondo le modalità previste dal D.Lgs. 36/2023, si esclude il ricorso al collegio arbitrale, demandando la risoluzione delle controversie esclusivamente alla giustizia ordinaria presso il Foro competente.

Resta salva la facoltà, per l'amministrazione PROVINCIALE DI POTENZA, di risolvere il contratto, anche prima della scadenza, qualora l'Impresa dimostri incapacità, negligenza o ritardo nell'assolvere all'incarico ad essa affidato, ai sensi dell'art. 122 del D.lgs 36/2023. In tal caso l'Impresa avrà diritto al solo pagamento dei servizi eseguiti, salvo il risarcimento all'AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE del maggior danno.

In caso di recesso unilaterale dell'Amministrazione PROVINCIALE dal contratto, si applicano le norme di cui all'art. 123 del D.lgs 36/2023.

In caso di fallimento dell'Appaltatore o altra condizione di cui all'art. 124 del Codice, la Stazione Appaltante si avvale, senza pregiudizio per ogni altro diritto e azione a tutela dei propri interessi, della procedura prevista dalla norma citata. Resta ferma, ove ammissibile, l'applicabilità della disciplina speciale di cui al medesimo art. 124, commi 3, 4, 5 e 6.

Se l'esecutore è un raggruppamento temporaneo, in caso di fallimento dell'impresa mandataria o di una impresa mandante, trovano applicazione rispettivamente i commi 17 e 18 dell'art. 68 del D.Lgs. 36/2023.

Se l'esecutore è un raggruppamento temporaneo, ai sensi dell'art. 68, comma 17, del D.Lgs. 36/2023 e ss.mm.ii., è sempre ammesso il recesso di una o più imprese raggruppate esclusivamente per esigenze organizzative del raggruppamento, sempre che le imprese rimanenti abbiano i requisiti di qualificazione adeguati ai lavori ancora da eseguire e purché il recesso non sia finalizzato ad eludere la mancanza di un requisito di partecipazione alla gara.

Nel caso in cui l'Appaltatore, nell'arco di validità del medesimo, si trovasse per cause indipendenti dalla propria volontà, nelle condizioni di dovere rinunciare al servizio, dovrà darne tempestivamente comunicazione all'Amministrazione, a mezzo posta elettronica certificata.

In caso di applicazione dell'art 124 (Esecuzione o completamento dei lavori, servizi o forniture nel caso di procedure di insolvenza o di impedimento alla prosecuzione dell'affidamento con l'esecutore designato) comma 1 del D.Lgs 36/2023, la Stazione Appaltante si riserva il diritto di effettuare il nuovo affidamento alle condizioni proposte dall'operatore economico interpellato, ai sensi dell'art 124 comma 2 del medesimo D.Lgs 36/2023.

Art. 21 - Oneri ed obblighi a carico dell'Impresa.

Oltre agli oneri previsti nel successivo contratto attuativo e nel presente Capitolato Speciale di appalto, sono a carico dell'Impresa gli oneri ed obblighi seguenti:

- le spese per la fornitura di fotografie degli interventi in corso e nei vari periodi dell'appalto, nel numero e dimensioni che saranno volta per volta fissati dal Direttore dell'Esecuzione;
- l'osservanza delle norme derivanti dalle vigenti leggi e decreti relativi alla prevenzione degli infortuni sul lavoro, all'igiene del lavoro, alle assicurazioni contro gli infortuni sul lavoro, alle assicurazioni sociali obbligatorie, derivanti da leggi o da contratti collettivi, nonché il pagamento dei contributi messi a carico dei datori di lavoro. Nell'esecuzione dei servizi che formano oggetto del presente appalto, l'Appaltatore si obbliga ad applicare integralmente tutte le norme contenute nel Contratto Collettivo Nazionale di Lavoro per gli operai dipendenti della categoria ad essa afferente ed affini e negli accordi locali integrativi dello stesso, in vigore per il tempo e nella località in cui si svolgono i servizi anzidetti. L'Appaltatore si obbliga, altresì, ad applicare il contratto e gli accordi medesimi anche dopo la scadenza e fino alla loro sostituzione e, se cooperative, anche nei rapporti con i soci. I suddetti obblighi vincolano l'Appaltatore anche se non sia aderente alle associazioni di categoria stipulanti o receda da esse e indipendentemente dalla natura industriale o artigiana, dalla struttura e dimensione dell'Impresa stessa e da ogni altra sua qualificazione giuridica, economica e sindacale. L'Appaltatore è responsabile, nei confronti dell'Amministrazione PROVINCIALE DI POTENZA, dell'osservanza delle norme anzidette da parte degli eventuali subappaltatori nei confronti dei rispettivi loro dipendenti. In caso di inottemperanza agli obblighi precisati nel presente articolo, accertata

dall'Amministrazione PROVINCIALE, questa provvederà ad effettuare segnalazione ai competenti Organi di Vigilanza.

L'Appaltatore rimane altresì tenuto a:

1. fornire al Direttore dell'Esecuzione, la prova di avere ottemperato alle leggi sulle assunzioni obbligatorie e disposizioni similari;
2. fornire al Direttore dell'Esecuzione un cronoprogramma delle attività che evidenzia mensilmente e anticipatamente le opere d'arte o i tratti stradali interessati, al fine di consentire la gestione di eventuali interferenze con cantieri, transiti eccezionali, modifiche alla regolamentazione della circolazione stradale ecc.;
3. al fine di accedere alle opere da ispezionare, acquisire eventuali permessi o autorizzazioni dei proprietari dei terreni eventualmente interessati;
4. assicurare il transito lungo le strade ed i passaggi pubblici e privati, che venissero interessati dall'esecuzione dei servizi. Si intendono compensati con i prezzi di Elenco gli oneri che l'Impresa potrà sopportare in conseguenza del rispetto delle suddette prescrizioni;
5. mantenere e conservare tutte le servitù attive e passive esistenti sul tratto di strada oggetto dell'appalto, rimanendo responsabile di tutte le conseguenze che all'Amministrazione PROVINCIALE DI POTENZA dovessero derivare dalla mancata osservanza di tale obbligo;
6. comunicare al Direttore dell'Esecuzione, a semplice richiesta, tutte le notizie relative all'impiego della mano d'opera;
7. comunicare, prima dell'inizio dei servizi, il nominativo del proprio rappresentante sul luogo dei servizi, nella persona del Responsabile delle Attività;
8. collocare sui mezzi operanti un cartello con la dicitura "VEICOLO OPERANTE PER LA PROVINCIA DI POTENZA" nel numero, dimensioni, collocazioni che saranno stabiliti dal Direttore dell'Esecuzione.

Sono a carico dell'Impresa altresì:

- gli oneri derivanti dall'applicazione delle norme vigenti in materia di sicurezza e salute dei lavoratori, anche indipendentemente dagli oneri di cui al presente Capitolato o in altro documento facente parte integrante del contratto d'appalto;
- gli oneri tutti specificatamente descritti nel presente articolo o conseguenti all'osservanza degli obblighi pure in esso riportati, si intendono compensati con i prezzi unitari contrattuali.

Art. 21 bis - Clausola Sociale - Pari Opportunità e inclusione lavorativa

- In conformità all'art. 57 del d.lgs. 36/2023, la stazione appaltante è tenuta ad inserire nel bando di gara specifiche clausole sociali con le quali sono richieste, come requisiti necessari dell'offerta, misure orientate a garantire le pari opportunità generazionali, di genere e di inclusione lavorativa per le persone con disabilità o svantaggiate, la stabilità occupazionale del personale impiegato, nonché l'applicazione dei contratti collettivi nazionali e territoriali di settore.
- Con riferimento ai CCNL la norma prevede che la stazione appaltante tenga conto dei contratti stipulati dalle associazioni dei datori e dei prestatori di lavoro comparativamente più rappresentative sul piano nazionale e di quelli il cui ambito di applicazione sia strettamente connesso con l'attività oggetto dell'appalto o della concessione svolta dall'impresa anche in maniera prevalente, nonché a garantire le stesse tutele economiche e normative per i lavoratori in subappalto rispetto ai dipendenti dell'appaltatore e contro il lavoro irregolare.
- L'appaltatore garantisce, quindi, l'applicazione del contratto collettivo nazionale e territoriale (o dei contratti collettivi nazionali e territoriali di settore) per i propri lavoratori e per quelli in subappalto.
- Le attività oggetto del presente Capitolato Speciale d'appalto soddisfano le finalità relative alle pari opportunità, generazionali e di genere secondo quanto stabilito dal d.lgs. 198/2006 (Codice delle pari opportunità tra uomo e donna), oltre a promuovere l'inclusione lavorativa delle persone disabili, in ottemperanza agli obblighi previsti dalla Legge 12 marzo 1999, n. 68 (Norma per il diritto al lavoro dei disabili).
- Al riguardo l'appaltatore deve presentare regolare:
- copia dell'ultimo rapporto relativo alla situazione del personale maschile e femminile (art. 1, c. 1, Allegato II.3 del codice, ai sensi dell'art. 46 d.lgs. 198/2006, conforme a quello trasmesso alle rappresentanze sindacali aziendali e alla consigliera e al consigliere regionale di parità;
- dichiarazione, a firma del legale rappresentante dell'impresa aggiudicataria, attestante la regolarità alle norme che disciplinano il diritto al lavoro delle persone con disabilità nel rispetto degli obblighi previsti dalla L. 68/1999.

- La mancata produzione della documentazione sopra richiamata comporta, ai sensi dell'art. 1, c. 6, Allegato II.3 del codice, l'applicazione di Penali determinate nel presente Capitolato speciale e contratto d'appalto, commisurate alla gravità della violazione e proporzionali rispetto all'importo del contratto o alle prestazioni dello stesso.
- Per i casi di mancata produzione della relazione di genere sulla situazione del personale maschile e femminile(3) l'appaltatore sarà interdetto per un periodo di 12 mesi dalla partecipazione, sia in forma singola sia in raggruppamento, ad ulteriori procedure di affidamento.
- L'appaltatore si impegna, altresì, ad adempiere all'obbligo previsto dall'art. 1, c. 4, Allegato II.3 del codice di riservare sia all'occupazione giovanile che all'occupazione femminile una quota di assunzioni pari ad almeno il 30% di quelle necessarie per l'esecuzione del contratto o per la realizzazione di attività ad esso connesse o strumentali.

Capo Secondo: MODO DI ESECUZIONE DELLE PRINCIPALI CATEGORIE DI SERVIZIO A MISURA - ORDINE DA TENERSI NELL'ANDAMENTO DEI SERVIZI

Art. 22 – Requisiti di Esecuzione richiesti di natura organizzativi/tecnica.

L'aggiudicatario, dovrà garantire per tutta la validità del contratto i requisiti di partecipazione e gli elementi indicati nell'offerta tecnica che si intendono necessari per il corretto espletamento dei servizi di cui trattasi e la cui mancanza potrà essere motivo di risoluzione del contratto.

Art. 23 – Caratteristiche automezzi e attrezzature.

I mezzi e le attrezzature devono essere omologati e disporre dei dispositivi per i mezzi in movimento previsti dal Codice della Strada e dal Regolamento di attuazione.

Art. 24 – Modalità di esecuzione del Servizio.

Le modalità di esecuzione del servizio, di seguito riportate, sono caratterizzate dagli standard prestazionali del presente capitolato.

Le operazioni dovranno essere eseguite senza produrre danni alle pavimentazioni stradali in genere e agli altri manufatti eventualmente presenti (marciapiedi, guard-rail, recinzioni, segnaletica verticale, pensiline trasporto pubblico o altre strutture esistenti). Qualora durante il servizio l'appaltatore dovesse provocare danni di qualsiasi genere a cose o persone, sarà tenuto a darne tempestiva comunicazione anche al personale addetto della Provincia di Potenza.

L'esecutore non dovrà interrompere il servizio sulle strade e sulle strutture assegnate per altro lavoro che esuli da quello assegnato, rimanendo tenuto ad ottemperare alle disposizioni che saranno comunque impartite dal personale addetto al controllo.

L'appaltatore dovrà adottare, nell'espletamento del servizio, tutti i provvedimenti e le cautele necessarie per garantire la vita e l'incolumità degli operai, delle persone addette ai lavori e dei terzi, nonché per evitare danni a beni pubblici e privati, osservando e facendo osservare tutte le norme di sicurezza per la prevenzione degli infortuni previste in particolare dal D. Lgs 81/2008 e D. Lgs. 106/2009 s.m.i.. il personale addetto dovrà essere munito di tutti i dispositivi di protezione individuale (DPI) e i corsi di formazione richiesti dalla normativa vigente.

I dati, le informazioni e i documenti scaturiti dalle varie attività di censimento, ispezione, monitoraggio, prove, ecc...dovranno confluire sulla piattaforma software WeBridge Ponti in dotazione alla Provincia di Potenza (WeBridge Ponti); tale piattaforma sarà fruibile dall'aggiudicatario in un numero massimo di 5 utenze per tutta la durata dell'accordo quadro, previa presa visione ed accettazione dei termini generali e delle condizioni d'uso della piattaforma e un training sul suo utilizzo.

L'aggiudicatario potrà impiegare anche un suo software diverso da quello dell'ente, purché compatibile e garantendo il continuo trasferimento dei dati sulla piattaforma "ufficiale" piattaforma software WeBridge Ponti WeBridge Ponti che sarà quella, tra le altre cose, utilizzata per l'interfaccia con AINOP.

24.1 - Ispezione visiva e compilazione scheda di difettosità

La frequenza e le modalità di esecuzione dipendono dalla tipologia di visita all'opera d'arte e alla classe di attenzione attribuita alla stessa, secondo le tempistiche previste dalle Linee Guida (Tabella 7.4.1) .

Le visite periodiche ordinarie e speciali principali indagano le parti del ponte accessibili anche con l'utilizzo di attrezzature e mezzi speciali e sono effettuate anche al livello del suolo sottostante l'opera. L'ispezione consiste in un esame di superficie di tutte le strutture visibili onde accertare eventuali modificazioni di difetti superficiali preesistenti e l'insorgere di nuove anomalie. Le ispezioni devono essere integrate, all'occorrenza, con la misurazione degli eventuali abbassamenti e rotazioni permanenti delle strutture portanti rispetto a capisaldi esterni al manufatto, con verifica dell'ampiezza di eventuali lesioni.

Qualora, a seguito di individuazione di situazioni di criticità, la Provincia ne ravvisi la necessità potranno essere commissionate le visite speciali generali da eseguirsi su tutta l'opera nel suo complesso con mezzi adatti a consentire l'accesso alle varie parti della struttura alla distanza di contatto. In questo caso lo scopo è non solo l'identificazione dei difetti ma anche, come da paragrafi successivi, l'approfondimento della conoscenza dello stato dell'opera mediante monitoraggio anche di tipo strumentale, fisso e non, prove e indagini in sito e in laboratorio, valutazione delle condizioni attuali della struttura anche mediante modellazione numerica, prove di carico, fin a determinare le più adeguate misure da adottare quali:

- Interventi di manutenzione;
- Aumento della frequenza delle visite;
- Prescrizioni particolari per le successive visite ordinarie e principali;
- Monitoraggio strumentale continuato o non;
- Limitazioni di velocità e/o di carico dei veicoli in transito.

Le fasi successive alla visita ispettiva a distanza di contatto sono meglio descritte nei paragrafi sottostanti.

L'Affidatario del servizio avrà a disposizione, ove disponibile, lo storico delle ispezioni e degli esiti dei precedenti incarichi affini al presente, così da poter constatare in campo l'evoluzione delle anomalie già riscontrate oltre a catalogare i nuovi difetti in passato non osservati e aggiornare le informazioni sui fenomeni di degrado mediante la compilazione di Schede di difettosità.

Le ispezioni visive e la conseguente registrazione dei difetti sono svolte secondo il Metodo della valutazione numerica e con schede di Livello 1 conformi a quelle presenti nell'Allegato B delle *Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti*.

Gli Ispettori compileranno dette schede di Livello 1 indicando la presenza di specifici fenomeni di degrado e l'intensità e l'estensione con cui essi appaiono, con il supporto delle "Schede Difettologiche" che contengono i parametri valutativi da assegnare a ciascun stato di degrado osservato. L'ispettore completerà la compilazione indicando le situazioni di difetto tali da attuare provvedimenti di approfondimento aggiuntivi.

Il componente del gruppo di lavoro identificato come Responsabile delle attività, dall'analisi di quanto riportato nella scheda di ispezione, avrà l'onere di segnalare al Direttore dell'Esecuzione e al R.U.P. tutte le situazioni che richiedono un livello di approfondimento maggiore che potrà comprendere le casistiche elencate per la tipologia di visita principale generale.

24.2 - Rilievi fotografici e geometrici utili all'aggiornamento dei dati di censimento delle opere d'arte

Dall'avvio del servizio sarà reso accessibile il censimento delle opere d'arte della Provincia di Potenza, oltre allo storico degli elaborati progettuali grafici, descrittivi e di calcolo ove disponibili. È infatti parte integrante dei servizi in oggetto l'analisi e lo studio di tutta la documentazione eventualmente presente presso gli archivi della SA. L'esecuzione di copie o scansioni degli elaborati progettuali originali messi a disposizione della Stazione Appaltante sarà a totale cura e spese dell'appaltatore.

In occasione delle attività di cui al punto precedente potrà essere richiesta all'affidatario l'esecuzione di rilievi fotografici e geometrici utili alla verifica ed all'aggiornamento dei dati ad oggi censiti laddove si riscontrassero carenze nella documentazione fornita dalla Provincia di Potenza, in particolare in mancanza di un elaborato grafico di riferimento in formato digitale, ne potrebbe essere richiesta la produzione, in formato dwg e pdf, riportando in una tavola: inquadramento territoriale e fotografico, pianta, sezione e breve descrizione dell'opera. L'esecuzione del rilievo e la redazione di predetta tavola o di eventuali ulteriori elaborati grafici sarà compensata con le voci presenti in Elenco Prezzi.

24.3 - Valutazione preliminare dell'opera - rif. livello 3 LL.G.

L'attività ha lo scopo di approfondire le indagini per quelle opere dove per entità ed estensione dei difetti rilevati visivamente è ritenuto necessario condurre indagini conoscitive integrative.

A tal scopo, l'affidatario, all'esito delle ispezioni visive con compilazione delle schede, redige un report sullo stato delle opere e contestualmente propone al RUP, il piano degli approfondimenti da condurre sulle specifiche opere e/o parti di opera. Il RUP, valutati i singoli casi, approverà, anche avanzando proposte di modifica, e potrà disporre ulteriori ordinativi di servizio per procedere con i livelli di indagine successiva.

La VALUTAZIONE PRELIMINARE DELL'OPERA consiste nella emissione di una relazione di calcolo specifica per l'opera, strutturata in modo tale da ottenere una serie di indicazioni chiare ed esaustive in merito allo stato della stessa: l'analisi ha lo scopo in particolare di determinare l'adeguatezza delle risorse dell'opera, e/o della specifica parte in cui è verificato il difetto, con riferimento alla normativa di progetto ed a quella attualmente vigente, nelle modalità indicate dal paragrafo 5 delle LL.G.22. Le valutazioni dovranno quindi essere completate con una analisi di incidenza del difetto sulla capacità dell'elemento/opera. Le analisi dovranno essere effettuate mediante software di calcolo agli elementi finiti (l'appaltatore dovrà indicare all'interno della relazione il numero di licenza e la versione del software utilizzato); la modellazione potrà essere limitata alla parte d'opera con difetto e a quelle con essa interagenti nei casi opportuni, globale in tutti gli altri casi.

La valutazione preliminare dovrà concludersi con la consegna delle relazioni ed un Prospetto riassuntivo delle valutazioni numeriche condotte, utile a determinare per quali opere si propongono ulteriori misure da adottare quali, a titolo di esempio, in maniera non esaustiva:

- Ulteriore approfondimento c.d. Valutazione accurata ai sensi – rif. **Livello 4** LL.G.22
- Interventi di manutenzione;
- Aumento della frequenza delle visite;
- Prescrizioni particolari per le successive visite ordinarie e principali;
- Monitoraggio strumentale continuato o non;
- Limitazioni di velocità e/o di carico dei veicoli in transito.

Anche in questo caso il RUP, visto il prospetto e le proposte avanzate dall'affidatario, darà indicazione all'affidatario sulle modalità di proseguimento delle prestazioni per quanto attribuibile mediante il presente Accordo Quadro.

24.4 - Monitoraggio evoluzione difetti, anche di tipo strumentale, fisso e non

L'attività specifica può essere svolta:

- in assenza di strumentazione, dunque concordando con il RUP una periodicità ridotta di visita ispettiva;
- con l'impiego di dotazioni tecnologiche fisse o mobili, dunque mediante monitoraggio strumentale in sito e/o da remoto.

L'affidatario avrà l'onere di relazionare, secondo frequenza e modalità concordate con il RUP, ed in ogni caso con frequenza non minore di quella indicata nelle linee guida sulla base delle risultanze dell'analisi di pericolosità, l'andamento dei comportamenti monitorati e comunicare tempestivamente fenomeni di superamento di condizioni che possono rappresentare potenziali rischi per la struttura e per la circolazione, dunque che possono comportare limitazioni e cautele.

Al termine del periodo di monitoraggio l'affidatario è tenuto a consegnare un rapporto conclusivo dell'attività con formulazione di un giudizio su quanto oggetto di indagine, fornendo inoltre copia dei risultati/dati acquisiti dagli strumenti impiegati. Il rapporto dovrà inoltre riportare traccia delle modalità di funzionamento, correzioni, taratura, certificazione e quant'altro a fornire con completezza il risultato delle attività.

I dati del monitoraggio ed il rapporto conclusivo dovranno essere inseriti nel software piattaforma software WeBridge Ponti tra la documentazione dell'opera.

24.5 - Prova di carico statico

La prova di carico sarà eseguita solo dietro indicazione motivata, documentata attraverso un opportuno documento programmatico, dell'affidatario ed a seguito di espressa autorizzazione da parte del RUP.

Con le prove di carico su impalcati stradali si devono determinare gli abbassamenti e deformazioni delle sezioni più significative (appoggi, quarti (terzi) e mezzeria), comunque in numero sufficiente per individuare l'andamento della deformata delle varie strutture sotto l'azione dei carichi per i quali la struttura è aperta all'esercizio.

L'applicazione del carico avviene di norma a mezzo di veicoli opportunamente disposti, al fine di rispettare le condizioni previste dalla normativa vigente per ponti della categoria cui appartiene la struttura in prova. Vengono normalmente eseguiti vari cicli di carico e scarico disponendo i veicoli in posizioni stabilite. Il tempo di permanenza del carico è quello necessario alla stabilizzazione della freccia. Lo schema grafico, i pesi per asse dei veicoli utilizzati e le posizioni di carico, devono essere riportati all'interno di un "Rapporto di prova – Prova di carico Statico".

24.5.1 - Esecuzione della prova sui ponti metallici

- ispezione visiva ravvicinata degli impalcati e delle strutture verticali fuori terra (eventualmente con l'ausilio di termocamera)
- esami strumentali non distruttivi sulle membrature metalliche dell'impalcato, mediante esame magnetoscopico e/o esame ultrasonico
- spostamenti verticali in corrispondenza delle sezioni di trasversali di appoggio (cedimenti agli appoggi), quarti e mezzeria mediante livellazione ottica di alta precisione o sistema flessimetrico con trasduttori di spostamento LVDT
- deformazioni delle membrature più sollecitate mediante estensimetri resistivi
- relazione conclusiva con confronto tra valori teorici e sperimentali, giudizio sull'efficienza dell'opera nei confronti della circolazione dei veicoli.

Ogni relazione deve essere consegnata firmata digitalmente dall'ingegnere incaricato ed abilitato.

24.5.2 - Esecuzione della prova sui ponti non metallici:

- Ispezione visiva ravvicinata degli impalcati e delle strutture verticali fuori terra (eventualmente con l'ausilio di termocamera)
- Prova di carico con misura degli spostamenti verticali dell'impalcato in corrispondenza delle sezioni di trasversali di appoggio (cedimenti agli appoggi), quarti e mezzeria mediante livellazione ottica di alta precisione o sistema flessimetrico con trasduttori di spostamento LVDT
- Relazione conclusiva con confronto tra valori teorici e sperimentali, giudizio sull'efficienza dell'opera nei confronti della circolazione dei veicoli

Ogni relazione deve essere consegnata firmata digitalmente dall'ingegnere incaricato ed abilitato.

24.6 - Prova dinamica

La prova di carico sarà eseguita solo dietro indicazione motivata, documentata attraverso un opportuno documento programmatico, dell'affidatario ed a seguito di espressa autorizzazione da parte del RUP.

I rilievi dinamici devono essere effettuati utilizzando gli stessi veicoli impiegati per le prove di carico statico con l'applicazione di varie velocità. Le misure devono essere effettuate utilizzando gli stessi estensimetri della prova di carico statico ed eventualmente l'utilizzo di accelerometri, (accelerometri piezoelettrici con Sensibilità 1000 mV/g, campo di accelerazione +/- 6g, campo di frequenza 0.1-4000 Hz.) i segnali elettrici degli accelerometri devono essere registrati sul disco rigido di un computer.

24.7 - Indagini non distruttive su acciaio e indagini magnetoscopiche

L'esame magnetoscopico deve essere applicato come un metodo di controllo dei materiali ferromagnetici che permette la rilevazione di discontinuità affioranti sulla superficie controllata o situate poco al di sotto di essa. Il controllo magnetoscopico deve consistere nel magnetizzare la superficie da analizzare con un magnetoscopico e successivamente spruzzare sulla zona magnetizzata delle polveri magnetiche colorate o fluorescenti. Le particelle sono attratte verso la zona ove in superficie si forma il campo magnetico disperso a carattere localizzato dovuto alla presenza di difetti o discontinuità e danno indicazioni visibili direttamente a occhio nudo. Deve essere impiegata una corrente di magnetizzazione per un impulso di 5", con una distanza dei puntali di 100÷ 150 mm.

Norme di riferimento

- UNI EN 5817 cl. B
 - UNI EN 1290:2006
 - EN 10228-2
- e successive modifiche

24.8 - Indagini ultrasoniche

L'esame ultrasonico deve essere un metodo di controllo atto a rilevare delle discontinuità dei materiali ferromagnetici e che permette la rilevazione di discontinuità affioranti sulla superficie controllata o situate poco al di sotto di essa. L'indagine deve essere eseguita mediante due trasduttori: uno per emettere e l'altro per ricevere, posizionati in modo che il trasduttore recettore capti il fascio acustico trasmesso attraverso la superficie indagata. La diminuzione dell'ampiezza del segnale trasmesso può indicare la presenza di discontinuità situate lungo il percorso ultrasonoro, oppure l'attenuazione dovuta al materiale. Inoltre la posizione del segnale trasmesso sull'asse dei tempi dello strumento può servire ad indicare lo spessore del materiale.

Norme di riferimento

- EN 10228-3
 - EN 14127
- e successive modifiche

Ogni relazione deve essere consegnata firmata digitalmente dall'ingegnere incaricato ed abilitato.

24.9 - Valutazione della sicurezza ai sensi del DM 17/01/2018 comprensiva della verifica sismica delle opere d'arte ai sensi della Ordinanza D.P.C.M. 3274/2003

Le verifiche sismiche dovranno essere effettuate garantendo il raggiungimento del livello di conoscenza LC3 nel caso di disponibilità dei disegni strutturali e del livello di conoscenza LC2 nel caso di non disponibilità di tali documenti.

Altresì si definisce che per l'analisi sismica l'affidatario, a sua cura e spese, preliminarmente all'esecuzione delle verifiche numeriche dovrà acquisire le seguenti informazioni, o direttamente dalla documentazione di archivio e/o mediante specifiche indagini, prove e rilievi:

- terreni di fondazione: determinazione della Vs30 e della categoria di suolo
- dimensioni di carpenteria di pile e spalle e impalcati
- tipologia, quota di imposta e dimensioni delle fondazioni
- caratteristiche meccaniche dei materiali di pile, spalle e fondazioni mediante analisi e prove meccaniche di laboratorio su campioni prelevati in sito (acciaio, cls, pietra, mattoni, malta)
- dettagli costruttivi di pile spalle e fondazioni: per le strutture murarie, rilievo stratigrafico mediante prospezioni georadar e/o endoscopiche e/o carotaggi meccanici; per le strutture in c.a. rilievo delle barre di armatura
- eventuali fenomeni di dissesto strutturale presenti (quadro fessurativo, deformazioni anormali, assetto geometrico, ecc.)

Le informazioni disponibili, integrate con i risultati della campagna di indagine in situ, dovranno consentire l'implementazione di un modello agli elementi finiti il più rappresentativo possibile della struttura da sottoporre a verifica sismica sia in termini di distribuzione delle rigidezze che dei carichi e delle relative masse.

Tale modello sarà utilizzato per la determinazione dell'accelerazione orizzontale che ciascun elemento strutturale è in grado di sopportare al raggiungimento delle proprie condizioni limite; queste ultime saranno espresse in termini di resistenza (flessione con o senza sforzo assiale; taglio) per lo stato limite ultimo (SLV) e, generalmente, in termini di deformabilità per lo stato limite di danno (SLD).

Per ciascuno stato limite, il livello di sicurezza sismica del ponte sarà individuato dal rapporto tra il più piccolo valore dell'accelerazione resistente (capacità) ed il valore dell'accelerazione attesa al sito dove sorge la costruzione (domanda).

In definitiva, sarà compito dell'affidatario l'espletamento delle seguenti fasi:

- Indagine preliminare (Fase 1);

- Indagini sulla Struttura e Definizione del Sistema Strutturale (Fase 2);
- Valutazione della vulnerabilità sismica (Fase 3);
- Predisposizione del rapporto finale. (Fase 4);

a) Indagine preliminare (Fase 1)

In questa prima fase, si raccoglieranno tutti i documenti progettuali, costruttivi, di collaudo e di manutenzione reperibili, atti a fornire notizie sulle caratteristiche della struttura. Saranno rilevate informazioni anche sulle parti non strutturali che possono contribuire alla resistenza sismica della struttura.

Nel caso non sia possibile reperire (in parte o completamente) la documentazione, è comunque importante individuare il periodo sia di progettazione che di realizzazione della struttura in esame. Da queste informazioni, infatti, è possibile, tenendo conto anche dell'eventuale classificazione sismica del sito all'epoca della progettazione originaria, effettuare un'operazione di progettazione simulata con riferimento, oltre che alle normative allora vigenti, anche alle consuetudini progettuali e costruttive dell'epoca.

È compreso nell'appalto in oggetto la rasterizzazione/scannerizzazione degli elaborati tecnici delle opere d'arte messi a disposizione dalla Provincia di Potenza.

Eseguita una prima ricognizione della documentazione reperita e messa a disposizione dalla Stazione Appaltante relativamente all'opera oggetto di verifica, la relazione tecnica esecutiva individuerà compiutamente l'organismo strutturale e le fasi attuative delle verifiche tecniche di sicurezza sismica comprendendo in particolare la relazione descrittiva dei livelli di acquisizione dei dati e di verifica nonché i livelli di conoscenza della struttura oggetto di indagine, delle modalità e dei documenti disponibili o da acquisire per l'esecuzione del rilievo di dettaglio strutturale, l'indicazione e la definizione delle campagne di indagini diagnostiche necessarie per accertare le caratteristiche di resistenza dei materiali esistenti e le caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione, le modellazioni numeriche, la tipologia di analisi strutturale e le procedure che si intendono adottare per la definizione dei livelli di sicurezza nonché la definizione dei valori di accelerazione al suolo corrispondenti agli stati limite definiti dalle norme tecniche vigenti e dei loro rapporti con le accelerazioni attese.

La relazione tecnica esecutiva dovrà inoltre evidenziare, laddove necessari e/o opportuni, l'esigenza di rilievi ed elaborati relativi alla componente geologica che dovranno essere svolti sotto la direzione tecnica di geologi abilitati.

Dovranno essere descritte, anche in senso temporale, tutte le procedure e le modalità qualitative e quantitative che si intendono adottare per la valutazione della sicurezza sismica e della capacità di resistenza della struttura esistente alle combinazioni delle azioni di progetto previste dalla normativa.

b) Indagini sulla Struttura e Definizione del Sistema Strutturale (Fase 2)

Si dovrà conseguire la conoscenza più dettagliata possibile, per l'esecuzione delle elaborazioni numeriche necessarie ai fini della valutazione della vulnerabilità sismica.

Le modalità di svolgimento delle attività per la valutazione della sicurezza, ai sensi del D.M.17/01/2018 - Nuove norme tecniche per le costruzioni e dell'Ordinanza 3274/2003, dovranno essere coerenti o quantomeno propedeutiche anche alla progettazione esecutiva di eventuali interventi, tenendo presenti le indicazioni nelle parti specifiche relative agli edifici ed ai ponti esistenti.

I saggi sulla struttura e sui principali elementi non strutturali dovranno essere finalizzati a definire nel massimo dettaglio le loro caratteristiche geometriche esterne ed interne, la tipologia strutturale, l'efficacia dei collegamenti, la presenza e le dimensioni di giunti di separazione strutturale, le caratteristiche di un eventuale quadro fessurativo conseguenti ad eventi sismici o ad altre azioni.

Le prove sui materiali dovranno essere effettuate e certificate da laboratori ufficiali o in possesso dell'autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ai sensi dell'Art.59 del D.P.R. n.380/2001.

c) Valutazione della vulnerabilità sismica (Fase 3)

Sulla scorta dei dati raccolti ed in base alle indicazioni tecniche generali, dovranno essere effettuate una serie di elaborazioni per indagare e quantificare il rischio sismico di ciascuna struttura, in base alla normativa vigente.

L'impiego di qualunque modello più o meno semplificato deve essere giustificato descrivendo le condizioni di applicabilità e verificandone il rispetto nel caso in esame. Tali attività vengono meglio esplicitate nelle specifiche contenute nell'Art. n. 4 delle Norme Tecniche

d) Predisposizione del rapporto finale (Fase 4)

Al termine delle attività descritte nei paragrafi precedenti, dovrà essere predisposto un Rapporto Finale che, oltre a sintetizzare i risultati delle elaborazioni numeriche finalizzate alla valutazione della vulnerabilità, avrà le caratteristiche di un fascicolo contenente una serie di informazioni utili alla descrizione della struttura nella situazione attuale, alle indagini eseguite, alla esecuzione di valutazioni della sicurezza sismica più accurata, alla progettazione di interventi di rafforzamento, ai sensi della normativa vigente, e al monitoraggio nel tempo dell'opera.

Nel rispetto degli obiettivi appena individuati, il rapporto finale sull'esito delle indagini e delle valutazioni di vulnerabilità dovrà contenere almeno i seguenti elementi:

- Relazione illustrativa, fotografica, ed elaborati grafici riguardo le caratteristiche strutturali tipologiche dei ponti e degli edifici;
- Storia tecnico – amministrativa della struttura con indicazione delle modifiche più significative apportate nel tempo;
- Relazione tecnica esecutiva;

•Caratteristiche dei materiali. Dovranno essere riportati, ove disponibili, i valori delle caratteristiche dei materiali come indicati nei progetti originali delle opere d'arte. Dovranno essere riportati i risultati delle prove, distruttive e non distruttive, eseguiti sui materiali strutturali (calcestruzzo, acciaio, muratura, legno, etc.), descrivendo preliminarmente le modalità di prova e la strumentazione utilizzata. I punti di prelievo dei campioni, così come i punti di misura delle prove non distruttive, debbono essere localizzati in pianta ed in elevazione, in appositi elaborati grafici e fotografici. Tutte le prove dovranno essere corredate dai relativi certificati di laboratorio in originale. Dovranno essere altresì riportati i valori di calcolo delle caratteristiche dei materiali usati nelle analisi e nelle verifiche;

• Caratteristiche dei terreni. Dovranno essere riportati, ove disponibili, i valori delle caratteristiche dei terreni come indicate nei progetti originali delle opere d'arte. In assenza di tali dati, dovranno essere riportati i risultati delle prove eseguite sui terreni, descrivendo preliminarmente le modalità di prova e la strumentazione utilizzata.

I punti di esecuzione delle prove debbono essere localizzati in pianta, in appositi elaborati grafici e fotografici.

Tutte le prove dovranno essere corredate dai relativi certificati di laboratorio in originale. Dovranno essere altresì riportati i valori di calcolo delle caratteristiche dei terreni usati nelle analisi e nelle verifiche;

• Modello adottato. Descrizione del modello adottato (modello tridimensionale o bidimensionale, modellazione degli orizzontamenti, rigidezze degli elementi considerate, caratteristiche dinamiche); indicazioni, numero licenze e caratteristiche dei software utilizzati;

• Calcolo Input Sismico;

• Metodi di analisi utilizzato. Descrizione dettagliata della scelta del fattore di struttura q ;

• Risultati delle analisi;

• Valutazione della vulnerabilità e del rischio sismico. Oltre ad una dettagliata relazione sulle operazioni seguite per il calcolo della valutazione, la relazione dovrà contenere un documento conclusivo (di una o due pagine al massimo), che riassume i risultati della valutazione stessa;

• L'interpretazione dei risultati ottenuti con la descrizione del comportamento della struttura in presenza dell'azione sismica di riferimento ed indicazione degli elementi più vulnerabili;

• La scheda di sintesi della verifica sismica (di cui all'O.P.C.M. n. 3502 9 Marzo 2006 così come predisposta dal Dipartimento della Protezione Civile) di "livello 0" per i ponti strategici ai fini della protezione civile o rilevanti in caso di collasso a seguito di evento sismico, correttamente redatta e firmata da un tecnico abilitato. Tale scheda dovrà essere aggiornata a seguito dei cambiamenti nelle definizioni dell'input sismico e degli stati limite del DM 2018 rispetto a quelle della 3274/2003.

• Relazione finale descrittiva sulla vulnerabilità delle opere con prime indicazioni per l'adeguamento/miglioramento dell'opera ed una stima di massima dei costi;

• Eventuale appendice contenente ogni altro documento che si rendesse necessario, in conformità a quanto dettato dalla vigente normativa in materia.

Art. 25 – Struttura degli elaborati da produrre

Ogni elaborato, sia grafico che relazione, deve essere:

- consegnato firmato digitalmente dall'ingegnere incaricato;
- inserito nella piattaforma in dotazione dell'Ente tra la documentazione del ponte relativo

Si elencano di seguito per ciascun livello di indagine gli elaborati da produrre. All'avvio delle prestazioni il RUP concorderà con l'affidatario gli aspetti di dettaglio attesi da ciascun elaborato.

25.1 ispezione visiva, anche alla distanza di contatto, con compilazione schede di difettosità

- Schede di difettosità corredate da documentazione fotografica delle anomalie riscontrate
- Prospetto riassuntivo con indicatori di degrado e proposte sulle misure da adottare

25.2 rilievi fotografici e geometrici utili all'aggiornamento dei dati di censimento delle opere d'arte

- Prospetto riassuntivo dati geometrici, dati costruttivi, localizzazione;
- Documentazione fotografica;
- Tavola grafica con 1 planimetria, 1 o più sezioni di particolare interesse, 1 inquadramento geografico, 1 specchio riassuntivo dei dati geometrici/costruttivi principali;

25.3 valutazione preliminare dell'opera - rif. Livello 3 LL.G.22

- Prospetto riassuntivo delle valutazioni numeriche condotte;
- Relazione di calcolo specifica dell'opera indagata con seguenti paragrafi:
 - *Premessa con descrizione del flusso logico delle valutazioni numeriche condotte*
 - *Normative di riferimento*
 - *Descrizione dell'opera*
 - *Assunzioni progettuali ai fini del calcolo e delle verifiche*
 - *Resistenza dei materiali*
 - *Analisi dei carichi*
 - *Combinazioni dei carichi*
 - *Software di calcolo utilizzati (indicare versione e numero di licenza)*

- *Modello di calcolo*
- *Validazione del modello*
- *Risposta della struttura*
- *Valutazioni preliminari dello stato dell'Opera:*
 - *Descrizione dei difetti*
 - *Descrizione delle sezioni oggetto di verifica*
 - *Verifiche Preventive e Parziali della Sicurezza*
 - *Valutazione Preliminare dell'Opera di Livello 3*
 - *Analisi delle domande*
 - *Valutazione Preliminare di Incidenza del Difetto*
- *Conclusioni*

25.4 monitoraggio evoluzione difetti, anche di tipo strumentale, fisso e non

- Rapporto periodico di andamento monitoraggio;
- Rapporto conclusivo dell'attività con formulazione di un giudizio su quanto oggetto di indagine, fornendo inoltre copia dei risultati/dati acquisiti dagli strumenti impiegati. Il rapporto dovrà riportare traccia delle modalità di funzionamento, correzioni, taratura, certificazione e quant'altro a fornire con completezza il risultato delle attività;

25.5 prove di carico statico

- Relazione tecnica - strutturale di vulnerabilità statica;

25.6 prove dinamiche ed analisi dei risultati

- Relazione tecnica - strutturale di vulnerabilità dinamica;

25.7 valutazione della sicurezza ai sensi del DM 17/01/2018 e Circolare 7/2019 – c.d. Valutazione accurata Livello 4 LL.G.22

- comprensiva della verifica sismica delle opere d'arte
- si rimanda a precedente descrizione delle attività - Fase 4;

25.8 indagini non distruttive e semi-distruttive in sito

- Rapporto conclusivo sulle attività comprensivo di analisi ed interpretazione dei dati;

25.9 Prelievo di campioni per prove distruttive su materiali da costruzione, terre e rocce

- Rapporto conclusivo sulle attività comprensivo di analisi ed interpretazione dei dati;

25.10 Redazione del progetto esecutivo con la redazione di tutti gli elaborati grafici per poter approvare e indire una gara d'appalto pubblico.

Art. 26 – Distribuzione delle opere

Le opere d'arte della rete in esercizio in gestione alla Provincia di Potenza per le quali è richiesto lo svolgimento del servizio in oggetto sono prevalentemente e prioritariamente quelle di luce complessiva ≥ 6 m.

Le strutture interessate dal servizio risultano ad oggi circa 1400 e sono distribuite sulla viabilità in gestione alla Provincia di Potenza come descritto nell'elaborato A3 – LOCALIZZAZIONE STRUTTURE.

Il numero dei ponti/viadotti potrà variare durante la durata del contratto, sulla base di eventuali entrate in esercizio o uscite anche in base ad interventi di rifacimento/dismissione/nuova costruzione.

L'elaborato A2- ELENCO STRUTTURE fornisce un elenco non esaustivo dei ponti interessati dal servizio di ispezione precisando che la caratterizzazione della tipologia di opera in base al materiale ed alla luce è puramente indicativa, sarà onere dell'appaltatore verificare le caratteristiche in campo preliminarmente e durante lo svolgimento delle attività in oggetto.

Art. 27 – Accessibilità delle opere d'arte

Qualsiasi attività svolta dall'affidatario che richieda l'esecuzione a distanza di contatto di personale, mezzi, strumenti, per qualsiasi durata della prestazione, dovrà essere svolta in autonomia e nel rispetto del Codice della Strada. Saranno preventivamente concordate con l'Amministrazione eventuali casi eccezionali dove si ritengano utili interruzioni programmate di funzionamento e di esercizio della circolazione qualora le prestazioni di indagine dell'opera lo richiedessero.

Dovendosi tener conto del normale esercizio stradale, al fine di ridurre per quanto possibile le interferenze, potrà essere richiesto ai professionisti dedicati all'espletamento delle attività in campo di eseguire tali prestazioni in giornate festive e/o nelle fasce orarie serali e notturne.

E' onere dell'affidatario provvedere al reperimento, dunque anche al nolo, di strumenti, attrezzature, mezzi e quanto altro per condurre le prestazioni affidate.

Art. 28 – Modalità di contabilizzazione del Servizio.

a) Tutte le prestazioni effettuate verranno computate secondo le tariffe fissate nell'Elenco prezzi Unitari alle quali verrà detratto il ribasso offerto.

Art. 29 - Osservanza delle leggi e delle disposizioni

Nell'espletamento della gara devono essere rispettate non solo le disposizioni del presente capitolato, di leggi, decreti, circolari, regolamenti, anche se ad esse non si fa espresso riferimento, ma anche di tutte quelle prescrizioni che riguardano gli aspetti tecnici e giuridici indicati dalla Stazione Appaltante, purché non in contrasto con il presente capitolato e con le norme di legge.

Art. 30 - Osservanza dei contratti collettivi

L'Appaltatore è tenuto all'esatta osservanza di tutte le leggi, regolamenti e norme vigenti in materia, nonché eventualmente entrate in vigore nel corso dell'esecuzione, e in particolare:

- a) nell'esecuzione delle attività che formano oggetto del presente appalto, l'Appaltatore si obbliga ad applicare integralmente il contratto nazionale di lavoro, in vigore per il tempo e nella località in cui si svolge il servizio;
- b) i suddetti obblighi vincolano l'Appaltatore anche se non è aderente alle associazioni stipulanti o receda da esse e indipendentemente dalla natura industriale o artigiana, dalla struttura o dalle dimensioni dell'impresa stessa e da ogni altra sua qualificazione giuridica;
- c) è responsabile in rapporto alla Stazione Appaltante dell'osservanza delle norme anzidette da parte degli eventuali subappaltatori nei confronti dei rispettivi dipendenti, anche nei casi in cui il contratto collettivo non disciplini l'ipotesi del subappalto; il fatto che il subappalto non sia stato autorizzato non esime l'Appaltatore dalla responsabilità, e ciò senza pregiudizio degli altri diritti della Stazione Appaltante;
- d) è obbligato al regolare assolvimento degli obblighi contributivi in materia previdenziale, assistenziale, antinfortunistica e in ogni altro ambito tutelato dalle leggi speciali.

Ai sensi degli artt. 11, comma 5, e 119, commi 8 e 9, del D.Lgs 36/2023, in caso di ritardo immotivato nel pagamento delle retribuzioni dovute al personale dipendente dell'Appaltatore o dei subappaltatori, la Stazione Appaltante può pagare direttamente ai lavoratori le retribuzioni arretrate, anche in corso d'opera, utilizzando le somme trattenute sui pagamenti delle rate di acconto e di saldo.

In ogni momento la Direzione dell'esecuzione e, per suo tramite, il R.U.P., possono richiedere all'Appaltatore e ai subappaltatori copia del libro unico del lavoro di cui all'art. 39 della legge 9 agosto 2008, n. 133, possono altresì richiedere i documenti di riconoscimento al personale presente in cantiere e verificarne la effettiva iscrizione nel predetto libro unico del lavoro dell'Appaltatore o del subappaltatore autorizzato.

1. CALCESTRUZZO

1.1 Valutazione della Resistenza meccanica con Ultrasuoni

Riferimento normativo: UNI EN 12504-4, CSLP2017

Attraverso una strumentazione a emissione di ultrasuoni si possono stimare le caratteristiche meccaniche del cls. Il suo utilizzo fondamentale consiste nella valutazione dell'omogeneità del materiale di un elemento strutturale. Per l'esecuzione della prova si utilizza una sonda ultrasonica emettitrice e una sonda ricevente poste a cavallo dell'elemento da indagare (o su facce perpendicolari o sulla stessa faccia nel caso non sia possibile fare l'indagine diretta). La sonda emettitrice produce onde elastiche longitudinali che, attraversano il materiale, sono captate dalla sonda ricevente e registrate dall'apparecchiatura. Si misura il tempo di transito delle onde dalla sonda emettitrice e quella ricevente e si calcola la velocità in base alla distanza delle sonde.

La resistenza a compressione può essere stimata in base alla velocità di trasmissione ipotizzando la validità di una relazione con essa e il Modulo Elastico utilizzando correlazioni sperimentali. Si deve tener presente che le onde elastiche subiscono, all'interno dell'elemento esaminato, rifrazioni e riflessioni dovute alle dimensioni degli aggregati e alla presenza di fessure o vuoti.

Condizioni operative

Nella predisposizione della prova è necessario, preventivamente, individuare la presenza di ferri d'armatura con indagine pacometrica, segnandoli con matita o gesso colorato. Liberare le zone scelte dall'intonaco o quant'altro non faccia parte del materiale in esame.

Procedura

Segnare con precisione i punti di misura evitando la vicinanza dei ferri di armatura.

Posizionare le sonde utilizzando un apposito mezzo di accoppiamento con il materiale (gel e/o plastilina). La misurazione della velocità si ottiene calcolando la media di varie misurazioni effettuate su un elemento con valori all'interno di una variabilità di 200÷300 m/s.

Apparecchiatura

È preferibile utilizzare apparecchiature con possibilità di "controllo di guadagno proporzionale", ovvero la possibilità di variazione del segnale tramite l'amplificatore di misura. Prima di effettuare le misure, verificare la taratura dell'apparecchiatura utilizzata mediante apposito provino fornito direttamente della casa produttrice.

Sicurezza

Normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

nome dello sperimentatore;

- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova;
- identificazione inequivocabile delle posizioni di prova;
- età del calcestruzzo (se conosciuta);
- condizione di umidità superficiale del calcestruzzo al momento della prova;
- temperatura ambiente e del materiale in prova;
- tabella dei risultati di prova relativamente ai tempi misurati e alla velocità calcolata;
- valore di correlazione della resistenza R_c del calcestruzzo indicando la formula utilizzata.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

1.2 Valutazione della Resistenza meccanica attraverso prova di Pull-out (tassello piano)

Riferimento normativo: UNI EN 12504-3:2005, CSLP2017

La tecnica di indagine denominata Pull-out è utilizzata per stimare la resistenza meccanica del calcestruzzo in opera. La metodologia consiste nell'inserire nel calcestruzzo un tassello metallico standardizzato e di estrarlo mediante idonea attrezzatura. Il valore della forza di rottura del cono di calcestruzzo attorno al tassello, attraverso una curva di correlazione sperimentale, permette di stimare la Resistenza del calcestruzzo.

Condizioni operative

Nella predisposizione della prova è necessario, preventivamente, individuare la presenza dei ferri d'armatura con indagine magnetometrica (pacometro), segnandoli con matita o gesso colorato. Liberare le zone scelte dall'intonaco o quant'altro non faccia parte del materiale in esame. I tasselli vanno inseriti a una distanza di circa 20 cm uno dall'altro. Lo spessore minimo del calcestruzzo deve essere almeno di 10 cm e la distanza minima dai bordi dei punti di prova di almeno 10 cm.

Procedura

Scegliere una zona di indagine in modo che le barre di armatura risultino esterne alla superficie conica di rottura prevista, aumentata del valore maggiore tra la dimensione della barra o la dimensione massima dell'aggregato.

Effettuare il foro con punta al widia Ø 18, montata su trapano a percussione.

Eseguire l'alesaggio di diametro 25 mm a 25 mm di profondità; pulire il foro con getto d'aria.

Inserire il tassello standard; battere con il martello la capsula cilindrica in modo da far aderire il tassello alle parteti della parte alesata.

Avvitare il cilindro filettato del martinetto fino a contrasto.

Attivare l'apparecchiatura di estrazione aumentando il carico a velocità costante di $0,5 \pm 0,2$ kN/s, senza shock fino al raggiungimento della rottura cogliendo la forza massima applicata.

Dal valore della forza di rottura si stima la Resistenza del calcestruzzo R_c mediante le correlazioni ricavate studi sperimentali di confronto con provini cilindrici per F espresso in kN.

-formula sperimentale piattaforma software WeBridge Ponti Service S.p.a.: $R_c = 1,16F + 6,0$ [MPa]

Eseguire almeno tre estrazioni per ogni area di misura e qualora uno di esse si discosti di più del 20% dal valore medio, tale valore dovrà essere sostituito dal risultato di un'ulteriore estrazione; se anche in questo caso il criterio di accettazione non risulta verificato si dovranno ripetere le tre estrazioni in una nuova zona adiacente

Apparecchiatura

Sono da utilizzare apparecchiature di prova che impieghino, per il calcolo della forza, un trasduttore di pressione tarato; l'apparecchiatura deve produrre una stampa che riporti almeno: data, ora e forza di estrazione. Sulla stampa dovrà essere trascritto il numero del provino e l'elemento strutturale sottoposto a prova. L'apparecchiatura utilizzata dev'essere tarata entro 1 anno dalla data della prova.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali, inserti auricolari e guanti antinfortunistici.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dello sperimentatore;
- data e ora della prova;
- identificazione inequivocabile della posizione di prova;
- età del calcestruzzo (se conosciuta);
- condizione di umidità superficiale del calcestruzzo al momento della prova;
- temperatura ambiente e del materiale in prova;
- tabella dei risultati di prova relativamente alla forza misurata;

- valore di correlazione della resistenza R_c del calcestruzzo indicando la formula utilizzata.

Al report deve essere allegata la stampa, o una fotocopia, dei dati ottenuti direttamente dalla apparecchiatura.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

1.3 Valutazione della Resistenza meccanica attraverso prova di Pull-out (tassello conico)

Riferimento normativo: UNI 10157-1992, CSLP2017

La tecnica di indagine denominata Pull-out è utilizzata per stimare la resistenza meccanica del calcestruzzo in opera. La metodologia consiste nell'inserire nel calcestruzzo un tassello metallico ad espansione geometrica e di estrarlo mediante idonea attrezzatura. Il valore della forza di rottura del cono di calcestruzzo attorno al tassello, attraverso una curva di correlazione sperimentale, permette di stimare la Resistenza del calcestruzzo.

Condizioni operative

Nella predisposizione della prova è necessario, preventivamente, individuare la presenza dei ferri d'armatura con indagine magnetometrica (pacometro), segnandoli con matita o gesso colorato. Liberare le zone scelte dall'intonaco o quant'altro non faccia parte del materiale in esame. I tasselli vanno inseriti almeno ad una distanza pari a 5 volte la profondità utile dell'inserto, uno dall'altro.

Lo spessore minimo del calcestruzzo deve essere almeno pari a 2,5 volte la profondità utile del tassello e la distanza minima dai bordi dei punti di prova deve essere maggiore di 3 volte la profondità utile del tassello.

Procedura

Scegliere una zona di indagine in modo che le barre di armatura risultino esterne alla superficie troncoconica di rottura prevista.

Effettuare il foro con trapano a percussione con punta sottosquadro atta a consentire la libera espansione dell'elemento a geometria variabile dell'inserto.

Pulire il foro con getto d'aria.

Inserire il tassello; battere con il martello con apposito utensile per far aderire l'elemento a geometria variabile alle pareti della parte del foro sottosquadro.

Avvitare il cilindro filettato del martinetto fino a contrasto.

Attivare l'apparecchiatura di estrazione aumentando con gradualità con velocità di carico compresa tra 800 e 1200 N/s, fino al raggiungimento della rottura cogliendo la forza massima applicata.

Dal valore della forza di rottura si stima la Resistenza del calcestruzzo R_c mediante le correlazioni ricavate studi sperimentali di confronto con provini cilindrici per F espresso in kN.

-formula sperimentale piattaforma software WeBridge Ponti Service S.p.a.: $R_c = 1,19F + 6,0$ [MPa]

Eseguire almeno tre estrazioni per ogni area di misura e qualora uno di esse si discosti di più del 20% dal valore medio di forza, tale valore dovrà essere sostituito dal risultato di un'ulteriore estrazione; se anche in questo caso il criterio di accettazione non risulta verificato si dovranno ripetere le tre estrazioni in una nuova zona adiacente

Apparecchiatura

Sono da utilizzare apparecchiature di prova che impieghino, per il calcolo della forza, un trasduttore di pressione tarato; l'apparecchiatura deve produrre una stampa che riporti almeno: data, ora e forza di estrazione. Sulla stampa dovrà essere trascritto il numero del provino e l'elemento strutturale sottoposto a prova. L'apparecchiatura utilizzata dev'essere tarata entro 1 anno dalla data della prova.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali, inserti auricolari e guanti antinfortunistici.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- il riferimento alla normativa utilizzata;
- nome dello sperimentatore;
- data e ora della prova;
- identificazione inequivocabile della posizione di prova;
- descrizione della superficie di prova;
- il diametro massimo dell'aggregato;
- il nome del produttore ed il tipo di apparecchiatura e dell'inserto impiegato;
- la curva di taratura con i relativi parametri statistici;
- tabella dei risultati di prova relativamente alla forza misurata;
- valore di correlazione della resistenza R_c del calcestruzzo indicando la formula utilizzata.

Al report deve essere allegata la stampa, o una fotocopia, dei dati ottenuti direttamente dalla apparecchiatura.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

1.4 Valutazione della Resistenza meccanica con sclerometro

Riferimento normativo: UNI EN 12504-2, CSLP2017

La prova sclerometrica è utilizzata per stimare la resistenza a compressione del calcestruzzo.

La tipologia di prova porta a risultati attendibili solo per calcestruzzi di pochi anni dove la carbonatazione non è ancora sviluppata.

Per calcestruzzi datati, da 5 anni in su, la sua utilizzazione è preferita nella sola valutazione della omogeneità del materiale di un elemento strutturale caratterizzato attraverso l'estrazione di una carota. Lo sclerometro utilizza la misura del rimbalzo di un cilindro d'acciaio che colpisce la superficie del calcestruzzo con una forza costante prodotta da una molla.

Gli sclerometri utilizzati su elementi con dimensione maggiore di 120 mm di spessore devono avere una massa battente e molla di spinta che produca una energia di impatto di 2,207 Nm e sono classificati come sclerometri di tipo "N".

Gli sclerometri utilizzati su elementi con dimensione inferiore di 120 mm di spessore devono avere una massa battente e molla di spinta che produca una energia di impatto di 0,705 Nm e sono classificati come sclerometri di tipo "L".

Condizioni operative

Nella predisposizione della prova è necessario, preventivamente, individuare la presenza di ferri d'armatura con indagine pacometrica, segnandoli con matita o gesso colorato.

Liberare le zone scelte dall'intonaco o quant'altro non faccia parte del materiale in esame. Provvedere che la superficie di impatto sia liscia, rettificando mediate pietra abrasiva.

Procedura

Azionare lo strumento almeno tre volte prima di iniziare a effettuare le letture.

Provvedere che la superficie di impatto eviti i ferri d'armatura.

Posizionarsi di fronte alla superficie in misura facendo attenzione di tenere lo strumento perpendicolare rispetto alla superficie ed aumentare gradualmente la pressione di contatto fino a provocare l'impatto meccanico.

Devono essere prodotte non meno di 9 misure per singolo punto di analisi. La distanza dei singoli impatti e dai bordi non deve essere inferiore a 25 mm.

Il risultato della prova risulta quello medio ai valori rilevati, successivamente interpretati in resistenza stimata R_c in base all'orientamento dello sclerometro ed alle curve di correlazione dello strumento. Il risultato è valido se non più del 20% degli indici di rimbalzo IR si discosta dalla media per non più del 30%. In caso negativo l'intera serie di dati deve essere scartata e le misure vanno ripetute in una zona adiacente.

Apparecchiatura

È indicato l'uso dello sclerometro con indicazione dei valori misurati su nastro cartaceo che consente la registrazione dei valori rilevati o sclerometri digitali con la memorizzazione dei risultati.

Lo sclerometro deve essere verificato prima e dopo le prove attraverso una verifica della taratura sull'apposita incudine di confronto.

Sicurezza

Normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dello sperimentatore;
- data e ora della prova;
- identificazione inequivocabile della posizione di prova;
- marca e modello dello sclerometro con indicazione della classificazione N o L;
- data dell'ultima verifica sull'incudine di riferimento ed esito delle battute di prova;
- età del calcestruzzo (se conosciuta);

- temperatura ambiente e del materiale in prova;
- tabella dei risultati di prova col risultato medio secondo la curva di correlazione dello strumento.

Al report deve essere allegata la stampa, o una fotocopia, del nastro di stampa dello sclerometro.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

1.5 Valutazione della Resistenza meccanica con metodo Windsor

Riferimento normativo: ASTM C803, BS1881:207, CSLP2017

Lo scopo della prova è di stimare la resistenza del calcestruzzo in funzione della resistenza alla penetrazione da parte di una sonda in acciaio sottoposta a spinta balistica ed infissa all'interno del materiale con energia prestabilita. Per stimare la Resistenza media a compressione R_c si utilizza una tabella di correlazione, scala di Mohs, dei valori relativi alla profondità media di penetrazione della sonda, tabella con risultati in funzione della durezza superficiale dell'aggregato.

Condizioni operative

Nella predisposizione della prova è necessario, preventivamente, individuare la presenza dei ferri d'armatura con indagine pacometrica, segnandoli con matita o gesso colorato. Liberare le zone scelte dall'intonaco o quant'altro non faccia parte del materiale in esame.

Procedura

Scegliere il punto di impatto evitando la vicinanza di ferri d'armatura.

Appoggiare la punta della pistola facendo attenzione di tenerla perpendicolare rispetto alla superficie.

Effettuare lo sparo con l'inserimento della sonda.

Effettuare la misurazione della parte di sonda rimasta all'esterno utilizzando lo specifico strumento di misura.

Per la valutazione della Resistenza meccanica R_c , su scala Mohs, con l'individuazione della colonna dei valori nella tabella, è necessario sfregare una serie di inerti campione di diversa durezza sino ad individuare il campione che determina segni di abrasione.

Vanno eseguite almeno 3 prove per zona di controllo ottenendo un valore medio di riferimento.

Se le misure da mediare hanno una variazione superiore a 0,5 cm si devono utilizzare, per il calcolo, solamente i due valori più simili o in alternativa ripetere le 3 prove in un'altra zona.

Apparecchiatura

Utilizzare solo la pistola Windsor commercializzata dal distributore ufficiale.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, occhiali, guanti, casco, cuffie antirumore.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dello sperimentatore;
- data e ora della prova;
- identificazione inequivocabile della posizione di prova;
- età del calcestruzzo (se conosciuta);
- condizione di umidità superficiale del calcestruzzo al momento della prova;
- temperatura ambiente e del materiale in prova;
- tabella dei risultati di penetrazione con l'individuazione della resistenza stimata R_c .

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

1.6 Valutazione della profondità della carbonatazione

Riferimento normativo: UNI EN 14630, CSLP2017

La prova ha lo scopo di determinare la profondità di carbonatazione dello strato superficiale del calcestruzzo. Il calcestruzzo possiede un valore di pH di circa 12,5, fatto che gli conferisce un carattere fortemente alcalino. Questa forte alcalinità costituisce una protezione naturale dell'armatura contro la corrosione. Il calcestruzzo carbonatato è fortemente permeabile e riduce la capacità protettiva; fornisce inoltre una durezza superiore che tende ad ingannare i metodi di determinazione della resistenza a compressione stimati con sclerometro, ultrasuoni e pull-out. L'armatura, nel caso di copriferro completamente carbonatato, si trova a contatto con acqua praticamente pura, caratterizzata da un valore di pH ben al di sotto di 11,5, minimo valore necessario per assicurare, in assenza di cloruri, le condizioni di passività. La reazione di carbonatazione inizia alla superficie esterna del calcestruzzo per interessare via via le regioni più interne.

Condizioni operative

Il test va eseguito immediatamente dopo l'estrazione della carota per evitare che si formi un film carbonatato superficiale. Se il test è eseguito dopo alcune ore dall'esecuzione della carota, ad esempio in Laboratorio, è necessario carteggiare vigorosamente la superficie prima di procedere all'applicazione della fenolftaleina.

Procedura:

Identificare la carota con un numero o un adesivo.

Pulire accuratamente con uno straccio asciutto la superficie cilindrica.

Nebulizzare la superficie con una soluzione all'1% di fenolftaleina in alcool etilico; una volta che la soluzione ha fatto effetto, misurare lo spessore di carbonatazione che risulta di colore inalterato, facendo la media di almeno 4 punti.

La parte reagente, non carbonatata, assumerà una colorazione rosso violetto.

Nel caso di un andamento molto irregolare della linea di carbonatazione ne dovrà essere riportato il valore massimo e quello medio.

Eseguire una foto che individui la differenza di colorazione e la denominazione del provino.

Apparecchiatura

Utilizzare un nebulizzatore a getto fino.

Sicurezza

Utilizzare sempre: occhiali, mascherina e guanti antinfortunistici.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dello sperimentatore;
- data e ora della prova;
- caratteristiche geometriche dell'elemento strutturale da cui si è ricavata la carota;
- identificazione inequivocabile delle posizioni di estrazione della carota;
- età del calcestruzzo (se conosciuta);
- temperatura ambiente e del materiale in prova;
- tabella dei risultati di prova indicante lo spessore medio ed i valori massimi e minimi.

Allegare la foto di ogni singola misurazione.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

Valutazione della profondità di carbonatazione

Nota tecnica

Quando lo spessore di carbonatazione raggiunge lo spessore di copriferro s'innesca il fenomeno di corrosione dell'armatura. Il fenomeno si evidenzia, nella prima fase, con l'aumento di volume dell'armatura stessa, con la conseguente fessurazione del copriferro, con l'espulsione graduale della polvere di ossido e con la riduzione del diametro resistente fino al completo disfacimento dell'armatura.

La misura dello spessore di carbonatazione permette di stimare il *tempo residuo*, t_{res} , prima che il fenomeno degradante s'inneschi.

La legge che lega il *tempo di penetrazione* della carbonatazione è esprimibile, con buona approssimazione, attraverso la relazione:

$$S=K\sqrt{t}$$

dove: S = *spessore di penetrazione* della carbonatazione, espresso in [mm];

K = *parametro variabile* con le caratteristiche fisico chimiche del calcestruzzo;

t = *età del calcestruzzo*, espressa in [anni].

Il valore di K si può stimare utilizzando i risultati della valutazione della profondità di carbonatazione, descritta in 1.5, attraverso lo *spessore di carbonatazione* misurato, S_{car} , e conoscendo l'*età del calcestruzzo*, t_{car} .

Con opportune operazioni matematiche si arriva alla formulazione che ci permette la valutazione del *tempo residuo* che è espressa da:

$$t_{res}=t_{car}\left(\frac{S_{cop}^2}{S_{car}^2}-1\right)$$

dove: t_{res} = *tempo residuo* prima che lo spessore di carbonatazione raggiunga tutto il copriferro, espresso in [anni];

t_{car} = *età del calcestruzzo* al momento della valutazione dello spessore di carbonatazione, espresso in [anni];

S_{cop} = *spessore del copriferro*, espresso in [mm].

S_{car} = *spessore medio di penetrazione* della carbonatazione, espresso in [mm].

Come esempio si consideri un elemento strutturale in calcestruzzo di età pari a 25 anni, dove si è valutato lo *spessore di carbonatazione* che risulta di un valore medio pari a 15 mm per un copriferro di 20 mm.

Dalla relazione precedente il *tempo residuo* prima che la carbonatazione raggiunga l'intero copriferro risulta pari a:

$$t_{res}=25\left(\frac{20^2}{15^2}-1\right)=19,4anni$$

S.M.

1.7 Carotaggio

Riferimento normativo: UNI EN 12504-1:2021

Lo scopo di questa tipologia di indagine è di fornire al Laboratorio il provino da sottoporre a prova di compressione per determinare la resistenza cilindrica. Dalle prove sulla carota si potrà ricavare anche il modulo elastico e lo spessore di carbonatazione.

Condizioni operative

Nell'individuazione del punto di estrazione della carota è necessario, preventivamente, individuare la presenza di ferri d'armatura con indagine pacometrica, segnandoli con matita o gesso colorato. Se, durante l'esecuzione di taglio della carota dovesse esser riscontrata la presenza di un elemento estraneo al calcestruzzo la prova va interrotta, spostandosi in altra zona dell'elemento strutturale. Procedere all'estrazione di carote con all'interno elementi di armatura produce delle vibrazioni che sono dannose e tendono ad alterare i risultati.

Procedura

Fissare la carotatrice con gli appositi tasselli perfettamente ortogonale alla superficie di lavoro.

Va sempre previsto il tubo per l'acqua di raffreddamento e l'aspiratore del fango di taglio.

Procedere ad attivare la carotatrice che deve avanzare in maniera costante e controllata.

Estratta la carota contrassegnarla con una denominazione e riportare i dati della posizione di estrazione su un'apposita scheda.

Procedere a eseguire una fotografia della carota e del foro di estrazione.

La carota deve avere (dopo la rettifica in Laboratorio) una lunghezza almeno pari al diametro.

Per il trasporto della carota al Laboratorio è necessario provvedere a una protezione agli urti attraverso materiale di protezione e inserendo la carota in apposite cassette.

Apparecchiatura

Utilizzare solo carotatrici professionali con sistema di avanzamento possibilmente automatico.

La corona deve essere a filo diamantato. È necessario scegliere una corona con un diametro pari ad almeno tre volte il diametro massimo dell'inerte.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, occhiali, guanti, casco, cuffie antirumore.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dello sperimentatore;
- data e ora dell'estrazione;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova;
- identificazione inequivocabile delle posizioni di estrazione;
- età del calcestruzzo (se conosciuta);
- condizione di umidità superficiale del calcestruzzo al momento della prova;
- temperatura ambiente e del materiale in prova.

Allegare le foto dell'applicazione della carotatrice e della carota.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

1.8 Misura delle deformazioni

Scopo della prova è di misurare la deformazione relativa di un elemento strutturale sottoposto a un carico per determinarne, attraverso il Modulo Elastico, lo stato tensionale.

A tal fine possono essere degli estensimetri elettrici (strain-gauges).

Gli estensimetri elettrici hanno lo scopo di rilevare le deformazioni relative delle superfici su cui sono applicati. Sono costituiti da un corpo elastico con annegata una resistenza elettrica il cui valore varia in maniera lineare con la sua deformazione.

Condizioni operative

Una volta individuato il punto e la direzione di misura va pulita la superficie accuratamente e se necessario carteggiata in modo che presenti una faccia perfettamente liscia. Pulire infine con solventi e sgrassatori appositi.

Procedura

Riportare con precisione sulla superficie una linea che rappresenti la direzione di misura.

Incollare l'estensimetro mediante apposite colle bicomponenti.

Isolare lo strumento con la pasta collante e nastro adesivo facendo attenzione che non ci siano contatti tra i fili.

Dopo l'installazione i sensori vanno testati con l'unità di acquisizione e protetti con agente chimico e nastro adesivo.

La misura della deformazione relativa fornita dall'unità di acquisizione, espressa in $\mu\epsilon$, è trasformata in tensione attraverso la legge di Hooke: $\sigma = E \cdot \epsilon = E \cdot (\Delta L / L)$ dove con E si indica il Modulo Elastico del calcestruzzo. Quest'ultimo parametro va valutando teoricamente o, preferibilmente, attraverso prove di compressione in Laboratorio su campioni prelevati dalla struttura in esame.

Apparecchiatura

Vanno preferite unità di acquisizione ad alta sensibilità con capacità di memorizzazione dei segnali acquisiti.

Sicurezza

Utilizzare sempre: occhiali, guanti, mascherina.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dello sperimentatore;
- data e ora del montaggio;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova;
- identificazione inequivocabile delle posizioni di misura;
- età del calcestruzzo (se conosciuta);
- condizione di umidità superficiale del calcestruzzo al momento della prova;
- temperatura ambiente e del materiale in prova;
- andamento temporale dei valori rilevati sottoforma di tabella o grafico.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

1.9 Indagini con metodo SonReb

Riferimento normativo: Norma BS 1881-204, DIN 1045, CP110,

Lo scopo del metodo SonReb è di stimare la resistenza del calcestruzzo combinando l'utilizzo di prove sclerometriche con le prove a ultrasuoni per ottenere una stima più attendibile. Va in ogni caso tenuto presente che, all'aumentare dell'età del calcestruzzo, l'indice sclerometrico aumenta mentre la velocità ultrasonica diminuisce e che il contenuto di umidità fa sottostimare l'indice sclerometrico e sovrastimare la velocità ultrasonica. Il combinato delle due prove consente di compensare in parte gli errori commessi utilizzando singolarmente le due metodologie.

Condizioni operative

Come per le prove sclerometriche e a ultrasuoni, è necessario, preventivamente, individuare la presenza di ferri d'armatura con indagine pacometrica, segnandoli con matita o gesso colorato, e liberare le zone scelte dall'intonaco o quant'altro non faccia parte del materiale in esame.

Procedura

Le procedure di prova sono state riportate ai paragrafi 1.1 e 1.3.

Ottenuta la valutazione delle medie dei valori locali della Velocità ultrasonica V e degli Indici di Rimbalzo IR , si stima la Resistenza del calcestruzzo R_c mediante le correlazioni fornite dalla letteratura tecnica di cui si riportano quelle più utilizzate. È buona norma calcolarle entrambe e calcolare una media.

- formula fornita da A. Di Leo e G. Pascale: $R_c = 1,2 \cdot 10^{-9} \cdot IR^{1,058} \cdot V^{2,446}$ [MPa, m/s]

- formula fornita da R. Giacchetti e L. Lacquaniti: $R_c = 7,695 \cdot 10^{-11} \cdot IR^{1,4} \cdot V^{2,6}$ [MPa, m/s]

- formula fornita da E. Del Monte: $R_c = 4,4 \cdot 10^{-7} \cdot (IR^2 \cdot V^3)^{0,5634}$ [MPa, m/s]

Apparecchiatura

Utilizzare le strumentazioni descritte ai paragrafi 1.1 e 1.3.

Sicurezza

Normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dello sperimentatore;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali delle strumentazioni utilizzate;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova;
- identificazione inequivocabile delle posizioni di prova;
- età del calcestruzzo (se conosciuta);
- condizione di umidità superficiale del calcestruzzo al momento della prova;
- temperatura ambiente e del materiale in prova;
- tabella dei risultati delle due tipologie di prova relativamente ai tempi misurati dal metodo ultrasonico e relativa velocità calcolata, e agli indici di rimbalzo riscontrati;
- valore di correlazione della resistenza R_c del calcestruzzo indicando le formule utilizzate.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

Indagini con metodo SonReb – calcestruzzo**Nota Tecnica**

Si riportano, a scopo di esempio, dei valori di confronto tra le diverse formulazioni in conformità ad alcuni valori di IR e V.

IR [MPa]	V [m/s]	Pascale	Giacchetti	Del Monte	Media
		Rc [MPa]	Rc [MPa]	Rc [MPa]	Rc [MPa]
5	3000	2,1	0,8	2,0	1,6
10	3100	4,8	2,3	4,7	3,9
15	3200	7,9	4,4	7,8	6,7
20	3300	11,5	7,2	11,4	10,0
25	3400	15,7	10,6	15,4	13,9
30	3500	20,5	14,7	19,9	18,4
35	3600	25,8	19,7	24,8	23,4
40	3700	31,8	25,5	30,2	29,1
45	3800	38,4	32,2	36,0	35,6
50	3900	45,8	40,0	42,4	42,7
55	4000	53,8	48,8	49,3	50,6

S.M.

1.10 Indagini tramite endoscopia

L'indagine tramite endoscopia, mediante l'osservazione visiva, ha lo scopo di verificare visivamente la consistenza e la natura del materiale costituente evidenziando eventuali anomalie. La restituzione fotografica, o video dell'ispezione, permette di osservare in dettaglio le anomalie e cavità interne al calcestruzzo.

Condizioni operative

Individuare il punto di esecuzione del foro scegliendo, ove possibile, una condizione operativa comoda per l'operazione di foratura.

Procedura

Procedere all'esecuzione del foro di diametro 20÷30 mm fino a raggiungere la profondità desiderata.

Pulire il foro mediante immissione di aria (se foro passante) o acqua al fine di evitare che il pulviscolo causato dalla perforazione offuschi le immagini.

Inserire la sonda endoscopica facendola avanzare in profondità con intervalli di 5 cm ispezionando visivamente le quattro direzioni (0°-90°-180°-270°).

Documentare la visione interna degli elementi indagati mediante memorizzazione di immagini o filmati e riportando, su apposito modulo, l'ubicazione delle anomalie riscontrate col commento.

Eseguire una foto dell'area di prova con inserito l'endoscopio.

Apparecchiatura

Utilizzare una sonda endoscopica rigida per lunghezze fino a 1 m e, preferibilmente, una sonda flessibile per lunghezze superiori. La sonda è dotata in punta di gruppo ottico con sorgente luminosa e testa snodabile telecomandata tramite joystick. Le immagini devono essere trasmesse a un monitor a colori dotato di memoria di registrazione. Lo strumento deve essere dotato di un riferimento metrico indicante in maniera continua la posizione della porzione inquadrata.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali, oltre a guanti e mascherina durante l'esecuzione del foro.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dello sperimentatore;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova;
- identificazione inequivocabile delle posizioni di prova;
- età del calcestruzzo (se conosciuta);
- condizione di umidità superficiale del calcestruzzo al momento della prova;
- fotogrammi e schema esplicativi della sezione dell'elemento con indicazione di eventuali anomalie e note dell'operatore.
-

Allegare le foto del punto di esecuzione e le immagini fotografiche – filmati dell'endoscopia.

L'operazione va diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

1.11 Verifica del profilo di penetrazione dello ione-cloruro

Riferimento normativo: UNI EN 1744-1, UNI 9944, UNI EN 14629

Lo scopo della prova è di calcolare la quantità di ioni cloruro presente all'interno di un provino di calcestruzzo. Le Linee Guida del Servizio Tecnico del Ministero delle Infrastrutture indicano, come parametri di controllo per la durabilità delle strutture, la concentrazione degli ioni cloruro. Quest'ultima è espressa come percentuale in peso sul contenuto di cemento e deve essere inferiore alla soglia critica dello $0,2\% \div 0,4\%$ per il cemento armato ordinario, e dello $0,2\% \div 0,1\%$ nel caso di cemento armato precompresso in base alle disposizioni vigenti nel luogo di impiego del calcestruzzo; valori superiori innescano la reazione che porta alla corrosione delle armature.

Condizioni operative

Prelevare le polveri di calcestruzzo mediante un trapano per murature, con punta non inferiore a 20 mm, a profondità crescenti, fermandosi di volta in volta a valori di profondità prefissati (per es. 1,0 cm, 2,0 cm, 3,0 cm, 4,0 cm, oppure 1,5 cm, 3,0 cm, 4,5 cm, 6,0 cm), e raccogliendo le polveri così generate. Per la prova necessita una quantità di polvere di almeno $5 \div 10$ g per ognuno degli step predefiniti. È molto importante pulire la punta del trapano e il foro ad ogni prelievo.

Procedura

Versare la polvere di calcestruzzo in un contenitore di plastica contenente 20 ml di liquido di estrazione, come fissato da normativa.

Collegare un elettrodo dotato di sensore di temperatura incorporato a un apparato dedicato e compensato in temperatura che misura il voltaggio generato dalla concentrazione di ioni cloruro presenti in una soluzione.

Inserire l'elettrodo nel liquido al fine di rilevare la reazione elettrochimica in atto.

La percentuale di ioni cloruro è visualizzata direttamente sul display LCD.

Eseguire la prova su almeno 3 provini per ottenere risultati statisticamente attendibili e non soggetti a fenomeni puntuali.

La prova di Laboratorio fornisce la percentuale di ioni cloro nel calcestruzzo mentre la normativa riporta i limiti imposti in percentuale al cemento.

Onde correlare i risultati sul calcestruzzo ottenuti con i limiti sul cemento, si può utilizzare la formula:

$$\%cloruricemento = \frac{cloruricls[\%] \cdot pesospecificocls \left[\frac{Kg}{m^3} \right]}{dosaggiocemento \left[\frac{Kg}{m^3} \right]}$$

Apparecchiatura

Specificata attrezzatura da Laboratorio.

Sicurezza

Utilizzare sempre: occhiali, guanti, mascherina.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- il Laboratorio dove sono state eseguite le prove;
- il riferimento normativo;
- la descrizione e l'identificazione del provino;
- lo stato, la forma e la dimensione del provino;
- l'identificazione delle posizioni e delle profondità di prova;
- l'età del calcestruzzo (se conosciuta);
- la data della prova;
- le percentuali di ioni cloruro determinate per ogni campione di calcestruzzo.

Le prove devono essere eseguite da un Laboratorio qualificato con personale abilitato quale sperimentatore.

1.12 Misura della forza di adesione del rivestimento (Pull-Off)

Riferimento normativo: UNI EN 1015-12, UNI EN 1542, ASTM D4541-09

L'obiettivo di questa indagine è la verifica dell'adesione tra gli strati di finitura e/o la coesione degli stessi. Il principio prevede l'applicazione di un carico crescente su una superficie determinata e isolata sino a rottura o distacco dell'elemento. Si rileva il valore di carico massimo e la modalità di frattura che può essere per adesione o per coesione.

Condizioni operative

Rimuovere l'eventuale strato di colore attraverso spatola, carta vetrata o spazzola meccanica, facendo ben attenzione a non rovinare la superficie dell'elemento in prova.

Procedura

Perforare la superficie oggetto di prova con apposita corona diamantata di diametro Ø50 al fine di circoscrivere un campione.

Applicare lo strato di adesivo epossidico bi-componente sulla superficie del campione (il tempo di messa in opera con temperature tra 0÷5° C è di 120÷180 minuti).

Posizionare gli appositi tasselli in alluminio sulla faccia del campione circoscritto.

Installare sui tasselli il supporto per l'apparecchiatura di estrazione e l'apparecchiatura stessa in maniera che il sistema di tiro sia perpendicolare alla superficie oggetto di prova; aumentare il carico in maniera continua e uniforme a incrementi di 0,025 MPa/s fino a che si verifica la rottura; catalogare i campioni estratti.

Eseguire la prova in almeno 5 punti, come da schema di normativa, per ottenere risultati statisticamente attendibili e non soggetti a fenomeni puntuali.

Procedere con l'esecuzione di una foto con la strumentazione installata.

Apparecchiatura

L'apparecchiatura utilizzata è costituita da un moltiplicatore di forza a funzionamento idraulico e da un dinamometro che memorizza la forza necessaria per strappare la parte di superficie intagliata e incollata al tassello di ancoraggio.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, occhiali, guanti, mascherina.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dello sperimentatore;
- il riferimento alla normativa utilizzata;
- il luogo la data e l'ora della prova;
- identificazione inequivocabile delle posizioni di prova;
- identificazione del tipo, origine e denominazione del prodotto sottoposto a prova;
- metodi utilizzati per la preparazione, stagionatura e condizionamento dell'elemento sottoposto a prova;
- caratteristiche geometriche dell'elemento di prova;
- caratteristiche tecniche e geometriche della strumentazione utilizzata;
- carico di rottura e diametro medio per ciascuna postazione di estrazione;
- i singoli risultati delle prove di resistenza all'aderenza ed i risultati medi;
- la foto di ogni singola rottura rilevandone il tipo;
- condizione di umidità superficiale del calcestruzzo al momento della prova;
- temperatura ambiente e del materiale in prova;

Allegare la foto della strumentazione installata.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

1.13 Indagini con pacometro

Riferimento normativo: BS 1881-204 e UNI 7997, CSLP2017

Lo scopo dell'indagine è di determinare la posizione delle armature, lo spessore del copriferro e il diametro dei ferri.

Questo tipo di rilevazione è particolarmente utile preventivamente all'esecuzione di altre prove come carotaggi, Pull-out, ultrasuoni o sclerometro che necessitano di evitare le armature.

Condizioni operative

Pulire la superficie e se necessario rimuovere le asperità in modo che si presenti la più possibile liscia al fine di non ostacolare lo scivolamento della sonda.

Procedura

Posizionare la sonda con l'asse longitudinale nella direzione ricercata dell'asse delle armature principali.

Procedere facendola scorrere lungo la superficie dell'elemento da indagare in direzione perpendicolare alle armature ricercate (la strumentazione emette un segnale di diversa intensità a seconda della vicinanza ai tondini).

Segnata la posizione delle armature principali, ricercare le staffe scorrendo la sonda parallelamente alla direzione delle stesse tracciando, man mano che si scansiona la superficie, la mappatura dei ferri di armatura rilevati tramite matita o gesso colorato; settare lo strumento per ripassare gli stessi punti segnati al fine determinare lo spessore del copriferro e, nel caso di armature rade e superficiali, un'indicazione del diametro delle armature.

Apparecchiatura

L'apparecchiatura utilizzata è costituita da una sonda trasmittente/ricevente di campo elettro- magnetico collegata a un'unità di elaborazione con display digitale e segnalatore acustico.

Sicurezza

Normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dello sperimentatore;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova;
- identificazione inequivocabile della zona indagata;
- schema esplicativo della sezione dell'elemento con indicazione di eventuali punti non rilevabili per le condizioni al contorno (ad es. presenza di impianti o tubature metalliche che falsano il segnale).

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

1.14 Prova di rilascio tensionale con provino tronco piramidale

Riferimento normativo: (Riferimento tariffario: ANAS O.02.105)

Lo scopo dell'indagine è la valutazione dello stato tensionale di un elemento strutturale a seguito dei carichi permanenti e/o pretensioni.

Questo tipo di rilevazione è utile per la verifica della capacità portante di travi pre o post compresse, particolarmente nei ponti.

Condizioni operative

Una volta individuata l'area di prova, di dimensioni 60 x 60 mm, va verificata l'assenza di armature vicine o sottostanti per almeno 25 mm.

Procedura

La prova consiste nell'isolare, mediante l'esecuzione di 4 tagli su un quadrato di 60 mm, eseguiti con un angolo di 45°, una porzione di un elemento strutturale in calcestruzzo di forma tronco piramidale di spessore non superiore ai 25 mm; la deformazione subita, misurata attraverso estensimetri elettrici (*strain gauges*) della porzione isolata in seguito al taglio è uguale e di segno contrario alla deformazione indotta dai carichi preesistenti.

Successivamente, mediante la legge di Hooke, è possibile risalire alla tensione agente.

Vanno montati 2 estensimetri elettrici, di lunghezza 30 mm, al centro del provino nella direzione di misura dello stato tensionale.

L'esecuzione dei tagli deve avvenire tramite macchina elettromeccanica in grado di garantire la precisione di esecuzione del provino di rilascio.

Il rilievo della deformazione deve avvenire utilizzando un acquisitore dati con lettura in tempo reale o a scarico dati successiva.

La procedura esecutiva deve prevedere quanto a seguito:

- Individuazione delle armature, mediante sondaggio pacometrico nelle adiacenze del punto di prova e individuazione del punto di prova più vicino con una distanza minima libera di 50 mm dalle armature dal centro del provino. Sono ammesse armature nell'area di prova purché profonde almeno 30 mm dalla superficie esterna;
- Preparazione della superficie di incollaggio degli estensimetri mediante smerigliatrice, successiva sgrassatura con solvente per calcestruzzo e preparazione della superficie apposito gel di miglioramento dell'aderenza;
- Incollaggio, mediante colla cianoacrilica, di 2 estensimetri da 120 Ohm di lunghezza 30 mm, con direzione in linea con la tensione di rilevamento;
- Protezione degli estensimetri attraverso una pellicola di alluminio rivestita di stucco plasmabile adesivo;
- Installazione della macchina elettromeccanica per l'esecuzione dei tagli;
- Collegamento degli estensimetri con il Datalogger in configurazione a $\frac{1}{4}$ di ponte impostando una frequenza di scansionamento da 1 a 0,2 Hz;
- Esecuzione di due tagli simmetrici a distanza di 60 mm tra loro in direzione verticale e successivamente di due tagli in direzione orizzontale, con disco diamantato da 125 mm di diametro. Il taglio va eseguito con direzione 45° verso il centro dell'impronta in modo da formare un elemento tronco-piramidale. I tagli sono eseguiti in successione: lato destro, sinistro, taglio superiore, taglio inferiore;
- Il primo taglio inizia dopo 60 secondi dall'attivazione dell'acquisizione dei dati; la successiva cadenza tra un taglio ed il successivo è di 90 secondi;
- Misura della temperatura della trave nel punto di prova.

Si consiglia la misura della Resistenza meccanica in prossimità della prova, attraverso prove di Pull-out, per la stima del Modulo Elastico che permette di trasformare la misura della deformazione relativa in sollecitazione.

Apparecchiatura

L'apparecchiatura utilizzata è costituita da una macchina elettromeccanica, con incorporato un flex con disco diamantato di diametro 125 mm, in grado di garantire sia l'inclinazione del taglio a 45° , che l'ortogonalità dei tagli a distanza 60 mm; ciò per la perfetta e ripetibile esecuzione del provino tronco piramidale.

Sicurezza

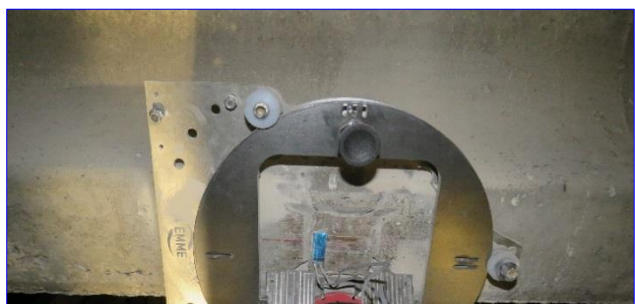
Mascherina e occhiali antipolvere e schegge.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dello sperimentatore;
- data e ora della prova;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- caratteristiche degli estensimetri e valore di scansionamento dei dati;
- identificazione inequivocabile della zona indagata;
- grafico dell'andamento della deformazione relativa e valori massimi raggiunti;
- temperatura del provino.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.



1.15 Prova di rilascio tensionale con carota strumentata

Riferimento normativo: (Riferimento tariffario: ANAS O.02.105)

Lo scopo dell'indagine è la valutazione dello stato tensionale di un elemento strutturale a seguito dei carichi permanenti e/o pretensioni prima dell'esecuzione del carotaggio.

Questo tipo di rilevazione è utile per confrontare i risultati di resistenza ottenuti dalla prova di schiacciamento in laboratorio con lo stato tensionale sul punto di prelievo.

Condizioni operative

Una volta individuato il punto di prelievo della carota da sottoporre a prova di laboratorio si procede all'esecuzione della prova di rilascio.

Procedura

La prova consiste nel misurare la deformazione relativa di rilascio durante l'esecuzione del prelievo di una carota di calcestruzzo.

Successivamente, mediante la legge di Hooke, è possibile risalire alla tensione agente.

Vanno montati 2 estensimetri elettrici (*strain gauges*), di lunghezza 30 mm, nel centro di esecuzione della carota (carota successivamente trasmessa al Laboratorio per l'esecuzione della prova di compressione, attività non compresa). Gli estensimetri vanno collegati con acquisitore dati fissato all'interno del cerchio di carotatura. L'acquisitore, con caratteristiche di isolamento IP65, viene fissato tramite viti e tasselli all'elemento di prelievo.

I dati acquisiti durante la fase di carotatura vanno scaricati successivamente al prelievo per l'elaborazione dell'andamento della deformazione relativa.

La procedura esecutiva deve prevedere quanto a seguito.

- Individuazione delle armature, mediante sondaggio pacometrico nelle adiacenze del punto di prova e individuazione del punto di prova più vicino con una distanza minima libera di 100 mm dalle armature dal centro della carota;
- Preparazione della superficie di incollaggio degli estensimetri mediante smerigliatrice, successiva sgrassatura con solvente per calcestruzzo e preparazione della superficie apposito gel di miglioramento dell'aderenza;
- Incollaggio, mediante colla cianoacrilica, di 2 estensimetri da 120 Ohm di lunghezza 30 mm, con direzione in linea con la tensione di rilevamento;
- Protezione degli estensimetri attraverso una pellicola di alluminio rivestita di stucco plasmabile adesivo;
- Collegamento degli estensimetri con il Datalogger in configurazione a ¼ di ponte impostando una frequenza di scansionamento pari da 1 a 0,2 Hz;
- Fissaggio del Datalogger, tramite viti e tasselli, al centro della carotatura;
- Installazione della carotatrice;
- Esecuzione del carotaggio e successiva estrazione della carota;
- Disinstallazione del Datalogger e lettura dei dati acquisiti;
- Misura della temperatura dell'elemento nel punto di prova.

Apparecchiatura

L'apparecchiatura utilizzata è costituita da un mini-Datalogger alimentatore di estensimetri (*strain gauge*) con funzionamento a batteria e capacità di memorizzazione dei dati acquisiti inserito in contenitore stagno.

Sicurezza

Mascherina e occhiali antipolvere e schegge.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dello sperimentatore;
- data e ora della prova;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- caratteristiche degli estensimetri e valore di scansionamento dei dati;
- identificazione inequivocabile della zona indagata;

- grafico dell'andamento della deformazione relativa e valori massimi raggiunti;
- temperatura del provino.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

NOTA: il provino di calcestruzzo estratto può essere sottoposto a compressione con determinazione del modulo elastico, qualora si voglia determinare questo valore sperimentalmente il rapporto H/D deve essere pari a 2.



2. ACCIAIO

2.1 Prelievo di armature

Riferimento normativo: UNI EN ISO 6892-1, UNI EN ISO 15630-1

L'obiettivo del prelievo di campioni di barre d'armatura è l'esecuzione dei test fisici e/o chimici da eseguirsi in un Laboratorio ufficiale, autorizzato dal Ministero L.L. P.P..

Condizioni operative

Nell'individuazione del punto di estrazione del provino è necessario, preventivamente, individuare la presenza di barre d'armatura con indagine pacometrica, segnandone la posizione con un gesso. Il prelievo deve essere eseguito in zone di scarsa sollecitazione indicate dal Tecnico Incaricato e condotto in modo da creare il minor disturbo possibile al manufatto e ai suoi elementi costitutivi. La rimozione del copriferro deve avvenire in maniera da non scalfire la superficie della barra di armatura oggetto del prelievo al fine di non influenzare il risultato delle prove di trazione in Laboratorio. Il campione va prelevato da zone integre dove il calcestruzzo non presenta ammaloramento o distacco del copriferro, assicurandosi che la barra d'armatura sottostante non abbia subito fenomeni corrosivi.

Procedura

Rimuovere il copriferro per un tratto di almeno 60 cm utilizzando un demolitore per rimuovere il primo strato di cls.

Proseguire con martello e scalpello e liberare completamente l'armatura facendo attenzione a non intaccare l'elemento da estrarre.

Tagliare il campione in due punti al fine di estrarre uno spezzone di almeno 50 cm.

Durante la fase di taglio raffreddare l'armatura con getti d'acqua per impedire alterazioni delle caratteristiche chimiche e meccaniche dell'acciaio.

Rilevare il diametro con calibro e la lunghezza del campione prelevato.

Apporre al provino un contrassegno e riportare in apposita scheda i dati relativi al punto di prelievo ed ai dati geometrici del provino.

Eseguire una foto sia del punto di prelievo sia del campione ponendo a fianco il metro.

Apparecchiatura

Martello e scalpello demolitore, martello e scalpello manuali, smerigliatrice o cesoia pneumatica, calibro, metro.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali, guanti e cuffie antirumore.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'estrazione;
- identificazione inequivocabile della posizione di estrazione;
- caratteristiche geometriche del provino.

Allegare le foto sia del punto di prelievo sia del campione.

L'operazione va diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

2.2 Misura del potenziale di corrosione

Riferimento normativo: UNI 10174

La prova ha lo scopo di valutare l'insorgenza di condizioni favorevoli all'innescare del fenomeno di corrosione delle armature, l'estensione e la localizzazione delle zone interessate, l'entità e il tipo di attacco ed infine le cause che lo hanno innescato.

La differenza di potenziale riscontrata tra i due poli (elettrodo di riferimento e polo collegato all'armatura) permette di determinare un indice legato allo stato corrosivo dei ferri.

La tecnica prevede la misura del potenziale delle armature attraverso un elettrodo di riferimento (Cu/CuSO₄), appoggiato sulla superficie del calcestruzzo mediante una spugna umida per garantire il contatto elettrolitico.

Condizioni operative

I ferri d'armatura da sottoporre alla prova vanno individuati con un pacometro e segnalati sulla superficie del cls con un gesso. Il controllo consiste nel preparare l'elettrodo con un'apposita soluzione e inumidirlo almeno 12 ore prima della prova. Preliminarmente, sulla zona scelta per le misure, deve essere asportato l'intonaco o quant'altro non faccia parte integrante del materiale in esame.

Procedura

Tracciare un reticolo con spaziatura 25x25 cm al fine di rilevare sui nodi i valori del potenziale.

Scegliere la barra d'armatura ed eliminare il copriferro per una lunghezza di circa 15 cm.

Collegare un polo del millivoltmetro alla barra d'armatura scoperta e l'altro polo ad un elettrodo di riferimento che viene trascinato sulla superficie del materiale seguendo il reticolo in precedenza tracciato; procedere con la misurazione del potenziale nei nodi del reticolato.

La superficie del cls deve essere di tanto in tanto bagnata con acqua per renderla umida.

Eseguire le foto delle zone di rilevazione delle misure.

Apparecchiatura

Millivoltmetro, elettrodo di riferimento, cavi di collegamento, pacometro, martello e scalpello demolitore, martello e scalpello manuali, smerigliatrice o cesoia pneumatica, calibro, metro.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali e guanti.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora della prova;
- descrizione della struttura da ispezionare;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- la procedura di bagnamento della superficie del calcestruzzo;
- le condizioni atmosferiche prevalenti durante la rilevazione delle misure;
- le mappature del potenziale.

Allegare le foto delle zone di rilevazione delle misure.

L'operazione va diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

2.3 Misura dello stato di tensione tramite estensimetri

Riferimento normativo: UNI 10478-3:1998, ASTM E 837-01

La prova consente di misurare la deformazione relativa, e di calcolare lo stato tensione locale preesistente in un elemento strutturale a causa delle azioni dirette (forze concentrate, carichi distribuiti, fissi o mobili) e indirette (spostamenti impressi, variazioni termiche e di umidità, ritiro, precompressione, cedimenti vincolari) cui esso è sottoposto. A tal fine si utilizzano gli estensimetri (strain-gauges) opportunamente incollati sulla superficie. L'individuazione della tensione preesistente avviene attraverso la misura della deformazione relativa ε dell'elemento a seguito del taglio parziale praticato nella zona d'interesse o dovuta all'applicazione di ulteriori carichi. La successiva trasformazione in tensione si ottiene attraverso la legge di Hooke: $\sigma = E \cdot \varepsilon = E \cdot (\Delta L / L)$ dove con E si indica il modulo elastico dell'acciaio.

Condizioni operative

La metodologia prevede il montaggio di una coppia di estensimetri alla stessa altezza e in posizione diametralmente opposta in modo tale da potere rilevare l'eventuale stato tensionale combinato di sforzo assiale e di momento flettente.

Procedura

Levigare con smerigliatrice e pulire con solvente la superficie dove va incollato l'estensimetro controllando che non vi siano solchi.

Porre del nastro isolante alla base vicino alle saldature dell'estensimetro e del nastro trasparente sopra per proteggerlo dalla colla; applicare prima il solvente e subito dopo la colla; comprimere con forza un paio di minuti.

Preparare l'altro sensore e prima di installarlo staccare delicatamente il nastro dal primo; posizionare un cavo in modo da poter collegare elettricamente i due estensimetri.

Testare il perfetto funzionamento degli estensimetri con l'unità di acquisizione; proteggerli con agente chimico e nastro adesivo.

Procedere alle misure e alla memorizzazione dei dati durante le fasi previste della prova.

Procedere eseguendo una foto agli estensimetri prima della copertura con gli adesivi di protezione.

Apparecchiatura

Estensimetri, prodotti per l'incollaggio dei sensori e la preparazione della superficie, smerigliatrice, carta abrasiva.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, mascherina, occhiali e guanti.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora della prova;
- descrizione dell'elemento da misurare;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- la procedura di incollaggio dei sensori;
- la posizione dei sensori;
- le condizioni atmosferiche prevalenti durante la rilevazione delle misure;
- i valori di deformazione misurati.

Allegare le foto degli estensimetri incollati.

L'operazione va diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

2.4 Prove con durometro portatile

Riferimento normativo: UNI EN ISO 18265, ASTM A1038

L'indagine ha lo scopo di ottenere una stima della resistenza meccanica a trazione dell'acciaio eseguendo la misura della durezza superficiale mediante l'utilizzo di un durometro portatile. La valutazione dell'impronta Vickers è effettuata per via elettronica con il metodo UCI. La misura della durezza si ottiene premendo la punta dello strumento sulla superficie. Il penetratore è montato sull'estremità di una barretta metallica a sezione circolare che è eccitata a vibrare longitudinalmente con la sua frequenza di risonanza di circa 78 kHz. Nel contatto tra il diamante Vickers e il provino, la frequenza di risonanza subisce una variazione che dipende dalla superficie dell'impronta e che costituisce a sua volta la misura della durezza del materiale preso in esame.

Condizioni operative

Preparare l'area d'indagine eliminando, con una smerigliatrice, l'eventuale vernice o zincatura presente. Lucidare la superficie con varie carte abrasive iniziando a scalare con una a grana grossa sino ad arrivare a quella più fine per ottenere una superficie più liscia possibile.

Procedura

Posizionandosi con lo strumento in posizione ortogonale alla superficie in prova, eseguire una serie di battute scartando i valori estremi e mediando almeno 9 valori di durezza. Nel caso vi sia una forte dispersione tra i risultati verificare la preparazione della superficie ed eventualmente procedere ad una ulteriore lisciatura.

Convertire i valori di durezza *Vickers* ottenuti in valori di resistenza a trazione seguendo le indicazioni della norma UNI EN ISO 18625.

Procedere eseguendo una foto della zona di prova.

Apparecchiatura

Durometro portatile Vickers con metodo UCI (Ultrasonic Contact Impedance), carta abrasiva di varie granature, smerigliatrice.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali, guanti, cuffie antirumore.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora della prova;
- descrizione della struttura da ispezionare;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- la procedura di preparazione delle superfici;
- la posizione delle aree di misura;
- le condizioni atmosferiche prevalenti durante la rilevazione delle misure;
- valori di durezza rilevati;
- le conversioni in accordo alla norma UNI EN ISO 18625.

Allegare le foto delle zone di rilevazione delle misure.

L'operazione va diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

2.5 Controllo delle saldature con metodo visivo (VT)

Riferimento normativo: UNI EN ISO 9712, UNI EN ISO 5817, UNI EN ISO 17637

L'esame visivo (VT) di una saldatura permette di rilevare un vasto numero di difetti quali: cricche, corrosioni, alterazioni di colore dovuti a surriscaldamenti, erosioni, deformazioni, irregolarità della finitura superficiale, errori di montaggio di sistemi meccanici, variazioni dimensionali. Tale esame, come definito dalle NTC 2018, va eseguito sul 100% delle saldature e deve essere eseguito da personale qualificato. L'esame è condotto secondo le direttive della norma UNI EN ISO 17637 che stabilisce le condizioni per l'effettuazione del controllo delle saldature per fusione di materiali metallici. Nel controllo non distruttivo con esame visivo (VT) l'interpretazione e la valutazione dei risultati deve essere effettuata oggettivamente dall'operatore in base a specifici parametri di accettabilità previsti nella norma UNI EN ISO 5817.

Condizioni operative

Pulire la superficie da residui, che possano sminuire il risultato del controllo, con spazzola metallica e solventi o smerigliatrice. L'illuminazione della zona d'esame è di particolare importanza ed è ottenuta con lampade che permettono un illuminamento maggiore di 500 lux sul pezzo da esaminare. L'esame va condotto ad una distanza dell'occhio dell'operatore non maggiore di 60 cm.

Procedura

Accertarsi che le condizioni di luce siano quelle previste dalla normativa di riferimento.

Eseguire il controllo su tutte le superfici accessibili del giunto saldato con marcatura di tutte le zone che presentano dei difetti.

Valutare l'accettabilità del difetto in base ai limiti indicati nelle tabelle presenti nella normativa UNI EN ISO 5817.

Procedere eseguendo le foto dei difetti riscontrati sull'elemento ispezionato.

Apparecchiatura

Calibro da saldatura, calibro a corsoio, luxometro, lenti di ingrandimento, lampada portatile, spazzola metallica, smerigliatrice, prodotti per la pulizia della superficie.

Sicurezza

Normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora della prova;
- identificazione del componente ispezionato;
- materiale del componente;
- tipo di giunzione;
- spessore del materiale;
- procedimento di saldatura adottato;
- livelli di accettabilità;
- apparecchiatura utilizzata;
- risultati dell'ispezione con riferimento ai criteri di accettabilità.

Allegare le foto dei difetti riscontrati sull'elemento ispezionato.

L'esecuzione e l'interpretazione dei risultati deve essere effettuata da personale qualificato e certificato secondo la UNI EN 9712 di almeno livello 2 per il metodo visivo.

2.6 Controllo delle saldature con liquidi penetranti (PT)

Riferimento normativo: UNI EN ISO 9712, UNI EN ISO 3452-1, UNI EN ISO 23277

L'ispezione con i liquidi penetranti è impiegata per evidenziare e localizzare sul materiale esaminato eventuali discontinuità affioranti in superficie. Questo metodo è utilizzato per la ricerca di difetti nelle saldature quali cricche e porosità. Le indicazioni di difettosità devono essere interpretate da un operatore esperto e valutate secondo la norma UNI EN ISO 23277.

Condizioni operative

L'operazione di controllo deve essere eseguita con temperature del materiale compreso tra 10 e 40°C per consentire la migliore capacità penetrativa del liquido. La superficie da indagare deve essere esente da verniciature o trattamenti protettivi altrimenti va preparata mediante sabbiatura, solventi o detergenti appositi.

Procedura

Spruzzare il liquido penetrante rosso a elevata sensibilità e ad alto contenuto di pigmenti colorati in bomboletta spray (o applicarlo manualmente sulla superficie con un pennello), il penetrante può essere lavabile con acqua o rimovibile con il liquido pulitore.

Attendere 10-30' e rimuovere il liquido penetrante dalla superficie utilizzando un'idropulitrice ad acqua o manualmente.

Lasciare che la superficie si asciughi naturalmente oppure accelerare il processo mediante aria compressa filtrata e/o pulendo manualmente con degli stracci puliti e asciutti.

Applicare uno sviluppatore bianco sulla superficie al fine di assorbire ed attirare verso la superficie il penetrante rimasto nelle discontinuità dopo il lavaggio, che espandendosi in superficie, lascerà una traccia anche delle indicazioni relative a piccolissime discontinuità.

Procedere annotando la posizione e la dimensione delle eventuali indicazioni rilevate ed effettuare una foto per ogni difetto.

Apparecchiatura

Liquido penetrante; rivelatore; sgrassante / solvente; spazzola metallica; panni, calibro a corsoio, lenti di ingrandimento, lampada portatile, spazzola metallica, smerigliatrice.

Sicurezza

Normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora della prova;
- identificazione del componente ispezionato;
- materiale del componente;
- tipo di giunzione;
- spessore del materiale;
- procedimento di saldatura adottato;
- livelli di accettabilità;
- prodotti utilizzati nel controllo (liquido penetrante, rivelatore...)
- risultati dell'ispezione con riferimento ai criteri di accettabilità.

Allegare le foto dei difetti riscontrati sull'elemento ispezionato.

L'esecuzione e l'interpretazione dei risultati deve essere effettuata da personale qualificato e certificato secondo la UNI EN ISO 9712 di almeno livello 2 per il metodo dei liquidi penetranti.

2.7 Controllo delle saldature con particelle magnetiche (MT)

Riferimento normativo: UNI EN ISO 9712, UNI EN ISO 17638, UNI EN ISO 23278

L'esame con particelle magnetiche (MT) consente di rilevare difetti superficiali e subsuperficiali nelle saldature. Le indicazioni di difettosità devono essere interpretate da un operatore esperto e valutate secondo la norma UNI EN ISO 23278.

Condizioni operative

Il controllo può essere eseguito esclusivamente su materiali ferromagnetici. La superficie deve essere pulita da residui che possano sminuire il risultato del controllo. Il controllo deve essere condotto nelle condizioni di luce previste dalla normativa di riferimento su tutte le superfici accessibili del giunto saldato con marcatura di tutte le zone che presentano dei difetti.

Procedura

Preparare, se necessario, la superficie per mezzo di spazzolatura meccanica al fine di asportare gli ossidi e la vernice distaccata; spruzzare sul pezzo da controllare la lacca bianca di contrasto.

Magnetizzare la superficie con il giogo elettromagnetico seguendo le indicazioni della norma UNI EN ISO 17638.

Verificare il campo magnetico e le direzioni di magnetizzazione con una piastrina Asme ottagonale contenente dei difetti campione.

Applicare sul pezzo la polvere magnetica.

Ripetere l'operazione per le opportune direzioni di magnetizzazione.

Ispezionare e valutare le indicazioni, se rilevate, confrontandole con le norme di riferimento e i criteri di accettabilità del difetto rilevato.

Se necessario smagnetizzare il pezzo.

Procedere effettuando le foto dei difetti riscontrati sull'elemento ispezionato.

Apparecchiatura

Giogo elettromagnetico, lacca di contrasto, polveri magnetiche, sgrassante / solvente; spazzola metallica; piastrina di verifica Asme, panni, calibro a corsoio, lenti di ingrandimento, lampada portatile, spazzola metallica, smerigliatrice.

Sicurezza

Normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora della prova;
- identificazione del componente ispezionato;
- materiale del componente;
- tipo di giunzione;
- spessore del materiale;
- procedimento di saldatura adottato;
- livelli di accettabilità;
- prodotti utilizzati nel controllo (lacca di contrasto, polveri magnetiche);
- apparecchiatura utilizzata per la magnetizzazione;
- risultati dell'ispezione con riferimento ai criteri di accettabilità.

Allegare le foto dei difetti riscontrati sull'elemento ispezionato.

L'esecuzione e l'interpretazione dei risultati deve essere effettuata da personale qualificato e certificato secondo la UNI EN ISO 9712 di almeno livello 2 per il metodo magnetoscopico.

2.8 Controllo delle saldature con ultrasuoni (UT)

Riferimento normativo: UNI EN ISO 9712, UNI EN ISO 17640, UNI EN ISO 11666

L'esame con ultrasuoni (UT) è un controllo di tipo volumetrico che consente la ricerca di difetti interni al materiale. Una delle applicazioni fondamentali di questa metodologia è il controllo di giunti saldati a piena penetrazione.

Condizioni operative

Le superfici interessate dal controllo a ultrasuoni devono essere sufficientemente lisce in modo tale da permettere una buona scorrevolezza del trasduttore (sonda).

Per ottenere un buon accoppiamento tra la sonda e il materiale da esaminare è necessario eliminare l'aria che vi si interpone, cosa che viene ottenuta mediante l'utilizzo di un mezzo di accoppiamento da interporre tra la sonda e la superficie da esaminare. Il mezzo di accoppiamento deve avere buone caratteristiche di bagnabilità e una buona trasparenza agli ultrasuoni.

Procedura

Preparare, se necessario, la superficie per mezzo di spazzolatura meccanica al fine di asportare gli ossidi e la vernice distaccata. Verificare la strumentazione ed eseguire la taratura dell'asse dei tempi e della sensibilità sui blocchi campione previsti da normativa e sui difetti di riferimento (fori trapanati lateralmente, fori piani, intagli, ecc....).

Il controllo deve essere eseguito su tutto il volume del pezzo in modo da non lasciare aree inesplorate, nel caso in cui ciò non sia possibile, a causa della configurazione del particolare da esaminare o per altre motivazioni, deve essere segnalato nel rapporto di prova. La sonda deve essere spostata sulla superficie di controllo con una sovrapposizione fra una passata e l'altra non inferiore al 50% della larghezza della sonda.

Apparecchiatura

\

Sicurezza

Normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora della prova;
- identificazione del componente ispezionato;
- materiale del componente;
- tipo di giunzione;
- spessore del materiale;
- procedimento di saldatura adottato;
- livelli di accettabilità;
- prodotti utilizzati nel controllo (gel di accoppiamento);
- apparecchiatura utilizzata (rilevatore di difetti e trasduttori);
- posizioni dei trasduttori adottate e schema di controllo;
- risultati dell'ispezione con riferimento ai criteri di accettabilità.

L'esecuzione e l'interpretazione dei risultati deve essere effettuata da personale qualificato e certificato secondo la UNI EN ISO 9712 di almeno livello 2 per il metodo ultrasonoro.

2.9 Prelievo elementi in acciaio da carpenteria metallica

Riferimento normativo: UNI EN ISO 6892-1, D.M. del 17 gennaio 2018 (C8A.1.B.3)

L'obiettivo del prelievo di campioni di acciaio da carpenteria (spezzoni di profilati, bulloni, ecc.) è l'esecuzione dei successivi test chimici, fisici e/o meccanici da eseguirsi in un Laboratorio ufficiale prove materiali. Con riferimento ai Livelli di Conoscenza di una struttura esistente, nel caso di Verifiche Limitate è richiesto 1 provino di acciaio e 1 campione di bullone o chiodo per piano dell'edificio. Con Verifiche Estese 2 provini di acciaio e 2 campioni di bullone o chiodo per piano dell'edificio. Nel caso di Verifiche Esaustive 3 provini di acciaio e 3 campioni di bullone o chiodo per piano dell'edificio. Per le nuove costruzioni ai fini del raggiungimento del numero di prove necessarie al collaudo è opportuno tener conto dei diametri (nelle strutture in c.a.) e degli spessori minimi e massimi dei profili (nelle strutture di acciaio) nell'ambito di ciascun lotto di spedizione.

Condizioni operative

Nel caso di spezzoni di profilato il prelievo deve essere eseguito in zone di scarsa sollecitazione indicate dal Tecnico incaricato e condotto in modo da creare il minor disturbo possibile al manufatto e ai suoi elementi costitutivi.

Procedura

Eseguire il taglio mediante smerigliatrice provvedendo a raffreddare l'elemento con getti d'acqua per impedire alterazioni delle caratteristiche chimiche e meccaniche dell'acciaio.

Fotografare il provino dopo il prelievo su un piano di colore neutro insieme a un cartellino (indicante la sigla del campione) e a un metro semirigido per attestarne la lunghezza.

Il campione deve essere confezionato e inviato al Laboratorio per le prove. Prima di essere testato il campione verrà preparato in officina che fornirà dei provini idonei con dimensioni definite.

Apparecchiatura

Smerigliatrice o cesoia pneumatica, calibro, metro.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali e guanti, cuffie antirumore.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'estrazione;
- identificazione inequivocabile della posizione di estrazione;
- caratteristiche geometriche del provino.

Allegare le foto sia del punto di prelievo sia del campione.

L'operazione va diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

2.10 Analisi con spettrometro sulla composizione chimica

Riferimento normativo: ASTM E 415-21

L'analisi in spettrometria ad emissione permette di verificare la composizione chimica della lega metallica. Lo spettrometro funziona grazie a una sorgente radioattiva che emette particelle alfa (nuclei di elio) che colpiscono la superficie che si vuole studiare, penetrando al suo interno di 5÷10 millesimi di millimetro. Gli atomi colpiti dalla radiazione emettono a loro volta raggi X, in modo caratteristico a seconda dell'elemento chimico in gioco e permettono di risalire alla composizione chimica della superficie, analizzando lo spettro di emissione. Il tipo di analisi da eseguire va scelto in base al campione da analizzare (Fe-Cr-Ni Steel o Fe-Low Alloy Steel); ciò consente l'analisi di tutti gli elementi chimici caratteristici di ogni materiale.

Condizioni operative

Per eseguire l'analisi deve essere prelevato e inviato al Laboratorio di prova un campione di forma regolare di almeno 9 cm.

Procedura

Pulire e rettificare la superficie del campione da analizzare.

Inserire il provino all'interno dell'alloggiamento dello spettrometro.

Disporre il provino il più possibile aderente alla superficie di contatto della sonda.

Eseguire l'analisi assicurandosi di aver bloccato bene il provino e successivamente chiuso il coperchio di sicurezza.

I dati sono inseriti automaticamente in tabelle.

Il risultato è dato dalla media delle letture di tre analisi successive del campione.

Apparecchiatura

Smerigliatrice o cesoia pneumatica per il prelievo, calibro.

Sicurezza

Normali dotazioni di sicurezza di Laboratorio.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'estrazione;
- identificazione inequivocabile della posizione di prelievo del campione;
- caratteristiche geometriche del provino;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- valori (%peso) dei componenti chimici rilevati.

L'operazione va diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

2.11 Misure di spessore con ultrasuoni

Riferimento normativo: UNI EN 14127

Lo scopo della prova consiste nella misura dello spessore (ad esempio per la verifica dello stato di usura o corrosione) di elementi ai quali si può accedere da un solo lato, senza necessità di smontare le parti oggetto dell'indagine. Il controllo prevede l'utilizzo di un misuratore di spessori digitale a ultrasuoni.

Condizioni operative

Pulire la superficie da indagare. In caso di pezzi verniciati o zincati potrebbe essere necessaria la pulitura meccanica tramite smerigliatrice o carta abrasiva.

Procedura

Scegliere la sonda da utilizzare in relazione allo spessore ed al tipo di materiale da misurare, per spessori sottili utilizzare sonde a doppio cristallo con frequenze elevate. Eseguire la taratura dello strumento su un blocco campione di caratteristiche analoghe al materiale oggetto dell'indagine. Posizionare la sonda sull'elemento da misurare interponendo un sottile velo di olio o gel accoppiante per ultrasuoni tra la sonda e la superficie di contatto. Leggere sul display e registrare il valore rilevato.

Apparecchiatura

Misuratore di spessore a ultrasuoni, sonde, gel accoppiante, blocchi campione di taratura, calibro. La scelta del tipo di sonda è fondamentale e dipende dalle caratteristiche del pezzo e dal tipo di tecnica applicata.

Utilizzando sonde piane e la tecnica a eco multiplo è possibile eseguire misure anche su superfici verniciate rilevando il solo spessore dello strato di metallo.

Sicurezza

Normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'estrazione;
- identificazione inequivocabile delle posizioni di misura;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- valori di spessore rilevati.

L'operazione va diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine, è raccomandato un tecnico certificato secondo la UNI EN ISO 9712 di almeno livello 2 per il metodo ultrasonoro.

2.12 Misure di spessore del rivestimento protettivo

Riferimento normativo: ASTM B499, D1186

L'indagine consente di misurare lo spessore dell'elemento protettivo delle strutture metalliche (verniciatura, zincatura, anodizzazione, plastificazione, cromatura ecc.) attraverso degli strumenti che sfruttano il principio dell'induzione magnetica o delle correnti parassite. Questi strumenti danno un riscontro immediato del valore del rivestimento poggiando la sonda sul pezzo in esame, si può in tal modo verificare che sia presente il minimo di riporto richiesto.

Condizioni operative

Le superfici interessate dal controllo devono essere pulite da eventuali depositi di materiale, è sufficiente una spazzolatura con spazzola metallica.

Procedura

Appoggiare la sonda di misura dello strumento sulla superficie del rivestimento dell'elemento da rilevare, leggere sul display e registrare il valore di spessore rilevato.

Eseguire almeno 3 misurazioni per ogni zona.

La strumentazione va verificata prima di ogni utilizzo eseguendo una misura su campioni di rivestimento e nel caso vi siano differenze dallo spessore del campione va eseguita una ricalibratura.

Apparecchiatura

Misuratore di spessore del rivestimento ad induzione magnetica o correnti parassite, campioni di taratura, spazzola metallica. Gli strumenti ad induzione magnetica funzionano solo su materiali ferromagnetici. Nel caso di rivestimenti di metalli non ferromagnetici (es alluminio) vanno utilizzati strumenti che sfruttano il principio delle correnti parassite.

Sicurezza

Normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora del rilievo;
- identificazione inequivocabile delle posizioni di misura;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- valori di spessore rilevati.

L'operazione va diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

2.13 Esame macrografico delle saldature

Riferimento normativo: UNI EN 17639

L'esame macrografico mette in evidenza la disposizione delle fibre e l'assetto macrostrutturale dell'elemento in esame, esso è largamente utilizzato per l'esame delle saldature nelle qualifiche dei procedimenti (UNI EN ISO 15614-1). Viene utilizzato per la ricerca di difetti all'interno della saldatura quali: cricche, porosità, mancanze di fusione ed errori di carattere operativo o di preparazione.

Il campione della saldatura viene osservato ad occhio nudo, o con mezzi di osservazione con ingrandimento ottico non superiore a 20X.

Condizioni operative

Deve essere prelevato e inviato al Laboratorio di prova un campione che includa l'intera saldatura, la zona termicamente alterata e il materiale base (zone adiacenti al cordone di saldatura).

Procedura

Eseguire una sezione trasversale del campione contenente la saldatura.

Preparare la superficie con carta vetrata di vari granature fino ad ottenere una superficie lucida.

Eseguire un attacco chimico della superficie con nital 2% per il tempo necessario a mettere in evidenza la zona saldata e la zona termicamente alterata del giunto. Ispezionare il campione annotando eventuali difetti presenti e riprendere un'immagine fotografica del campione per il rapporto di prova.

Apparecchiatura

Fotocamere con funzione macro, microscopio ottico con ingrandimenti massimi pari a 20x.

Sicurezza

Normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'estrazione;
- immagine fotografica;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- commento riportante eventuali difettologie riscontrate.

L'operazione va diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

2.14 Esame mediante repliche metallografiche

Riferimento normativo: UNI EN 11373 / UNI 7329 / ASTM E 1351

Il controllo mediante repliche metallografiche consente di rivelare fenomeni di danneggiamento o invecchiamento microstrutturale senza dover prelevare un campione dalla struttura. Viene preferita in quelle situazioni dove non è possibile danneggiare il componente da indagare (condotte, impianti...)

L'indagine può avere diversi scopi: accettazione di materiali; accertamento di danno microstrutturale a seguito di surriscaldamenti, incendi; valutazione di fenomeni di invecchiamento durante l'esercizio.

Condizioni operative

Deve essere impressa su film in acetato di cellulosa e inviata al Laboratorio di prova una replica metallografica nella quale al microscopio risulti evidente la microstruttura dell'acciaio.

Procedura

Eliminare la vernice o eventuali ossidi presenti sulla superficie della zona da indagare.

Preparare la superficie con lucidatrice portatile, carte abrasive e paste diamantate fino ad ottenere una superficie a specchio.

Eseguire un attacco chimico della superficie con nital 2% ed applicare sulla superficie del film in acetato di cellulosa per la replica della microstruttura.

Rimuovere il film in acetato di cellulosa e posizionarla sul vetrino prestando attenzione di proteggerla da polveri o altri contaminanti.

Osservare la replica metallografica al microscopio.

Apparecchiatura

Lucidatrice con varie carte abrasive, panni con pasta diamantata e microscopio ottico da laboratorio.

Sicurezza

Normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'impressione della replica;
- immagine fotografica a 100x e 500x;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- commento riportante eventuali difettologie o anomalie riscontrate.

L'operazione va diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

2.15 Verifica della coppia di serraggio dei bulloni

Riferimento normativo: UNI EN 1090-2 / D.M. del 17 gennaio 2018

Il controllo consente di verificare l'efficienza del serraggio di giunti bullonati utilizzando una chiave dinamometrica. I bulloni non devono essere poco serrati, per ovvi motivi, o serrati eccessivamente al fine di evitare che un eccessivo serraggio causi lo snervamento o addirittura la rottura della vite.

Condizioni operative

Deve essere utilizzata una chiave dinamometrica con certificato di taratura, se in un giunto anche un solo bullone non risponde alle prescrizioni circa il serraggio, tutti i bulloni del giunto devono essere controllati.

Procedura

Marcare dado e bullone con un pennarello per identificare la loro posizione relativa.

Allentare il dado con una rotazione almeno pari a 60°.

Applicare la coppia prescritta e riserrare il dado controllando che la coppia prescritta riporti il dado nella posizione originale.

Apparecchiatura

Chiave dinamometrica ed eventuale moltiplicatore di coppia.

Sicurezza

Normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'esecuzione della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- identificazione dei bulloni controllati e di quelli non rispondenti alle prescrizioni di serraggio.

L'operazione va diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

2.16 Verifica dell'integrità delle chiodature

Riferimento normativo: UNI EN ISO 16810

Il controllo è eseguito con il metodo ultrasonoro, la verifica dell'integrità strutturale dei chiodi avviene attraverso la valutazione dell'eco di ritorno del segnale emesso da una sonda piana posizionata sulla testa del chiodo preventivamente preparata. I difetti che possono essere evidenziati con questa metodologia hanno un orientamento trasversale rispetto allo sviluppo del chiodo (difetti più dannosi per il tipo di ancoraggio).

Condizioni operative

Le testa del chiodo deve essere sufficientemente piana in modo tale da permettere un buon accoppiamento del trasduttore.

Procedura

Preparare la testa dei chiodi mediante molatura in modo da ottenere una superficie piana e permettere il corretto accoppiamento tra la sonda ed il chiodo.

Verificare la strumentazione ed eseguire la taratura nell'asse dei tempi e della sensibilità sui blocchi campione previsti da normativa e sui difetti di riferimento (fori trapanati lateralmente, fori piani, intagli, ecc...).

Posizionare la sonda sulla testa del chiodo e verificare la presenza di eventuali difetti.

Apparecchiatura

Rilevatore di difetti a ultrasuoni, trasduttori, gel accoppiante, sgrassante/solvente; spazzola metallica; blocchi campione previsti dalla normativa, calibro a corsoio, spazzola metallica, smerigliatrice.

Sicurezza

Normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'esecuzione della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- identificazione dei chiodi controllati e degli eventuali difetti riscontrati.

L'operazione va diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

3. MURATURA

3.1 Indagini tramite endoscopio

L'indagine tramite endoscopio, mediante osservazione visiva, ha lo scopo di verificare la consistenza e la natura del materiale costituente evidenziando eventuali anomalie. La restituzione fotografica e/o video dell'ispezione, permette di osservare in maggiore dettaglio le anomalie e cavità interne alla muratura.

Condizioni operative

Individuare il punto di esecuzione del foro scegliendo, ove possibile, una condizione operativa comoda per l'operazione di foratura.

Procedura

Procedere all'esecuzione del foro di diametro 20÷30 mm fino a raggiungere la profondità desiderata.

Pulire il foro mediante immissione di aria (se foro passante) o acqua al fine di evitare che il pulviscolo causato dalla perforazione offuschi le immagini.

Inserire la sonda endoscopica facendola avanzare in profondità con intervalli di 5 cm ispezionando visivamente le quattro direzioni (0°-90°-180°-270°).

Documentare la visione interna degli elementi indagati mediante memorizzazione di immagini e/o filmati e riportando, su apposito modulo, l'ubicazione delle anomalie riscontrate col commento.

Eseguire una foto dell'area della muratura con inserito l'endoscopio.

Apparecchiatura

Utilizzare una sonda endoscopica rigida per lunghezze fino a 1 m e, preferibilmente, una sonda flessibile per lunghezze superiori, dotata in punta di gruppo ottico con sorgente luminosa e testa snodabile telecomandata tramite joystick. Le immagini devono essere trasmesse a un monitor a colori dotato di memoria di registrazione. Lo strumento deve essere dotato di un riferimento metrico indicante in maniera continua la posizione della porzione inquadrata.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali, oltre a guanti e mascherina durante l'esecuzione del foro.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dello sperimentatore;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova;
- identificazione inequivocabile delle posizioni di prova;
- età della muratura (se conosciuta);
- condizione di umidità superficiale al momento della prova;
- fotogrammi e schema esplicativi della sezione dell'elemento con indicazione di eventuali anomalie e note dell'operatore.

Allegare le foto del punto di esecuzione, le immagini fotografiche e/o filmati, dell'endoscopia.

L'operazione va diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

3.2 Indagini con martinetto piatto singolo

Riferimento normativo: ASTM C1196 - C1197:2004

L'indagine con martinetto piatto singolo ha l'obiettivo di determinare lo stato di sollecitazione a compressione agente su una porzione di muratura. Il risultato permette il confronto con la resistenza massima della muratura derivante dalla prova con martinetto piatto doppio o attraverso prove dirette in Laboratorio su porzioni murarie; può essere inoltre utilizzato per il calcolo della τ_0 nello shove-test.

L'indagine consiste nell'eseguire un taglio mediante una troncatrice circolare eccentrica ad anello diamantato per poi applicare sulle superfici interne del taglio una pressione nota che porti al ripristino delle condizioni iniziali.

L'esecuzione di un taglio piano in direzione normale alla superficie di un elemento provoca una richiusura dei lembi della fessura; introducendo un martinetto piatto all'interno della fessura (ossia introducendo un elemento metallico piano di forma semicircolare in cui si può iniettare olio a una pressione nota) è possibile riportare i lembi della fenditura nelle condizioni iniziali.

Dalla forza esercitata dal martinetto, per ripristinare la situazione iniziale, è possibile individuare lo stato tensionale originariamente presente nella muratura con la seguente formula:

$$\sigma_e = p_o * K_m * A_m / A_t$$

Dove:

σ_e = tensione di esercizio della muratura [Mpa]

p_o = pressione di ripristino delle condizioni di deformazione [Mpa]

K_m = coefficiente di taratura del martinetto

A_m = area del martinetto [cm²]

A_t = area della superficie del taglio [cm²]

Condizioni operative

Rimuovere dalla porzione di prova circa 100x100 cm di intonaco, facendo attenzione a non danneggiare il paramento murario sottostante. Verificare la stratigrafia orizzontale del muro con un'indagine endoscopica preliminare e/o con l'esecuzione di un carotaggio.

La prova non è eseguibile in caso di murature "a sacco".

Procedura

Posizionare 3 sensori elettronici di misura, uno in mezzzeria e gli altri paralleli e simmetrici al primo, appena sopra la zona dove si effettuerà il taglio oppure sei basette per deformometro a due a due a cavallo del taglio.

Nel caso dei sensori sopra il taglio, un ulteriore sensore di misura può essere posto sotto.

Collegare i trasduttori di spostamento all'unità d'acquisizione per la lettura in tempo reale durante il taglio.

Applicare sopra la porzione muraria da indagare un foglio di polietilene trasparente al fine di proteggere il muro e i trasduttori durante la fase di taglio.

Azzerare i sensori o eseguire la lettura iniziale con il deformometro; procedere all'esecuzione del taglio mediante una sega circolare eccentrica ad anello diamantato.

Nel caso di murature regolari il taglio è fatto lungo il corso di mattoni.

Ispezionare l'interno del taglio e procedere, con apposito utensile, alla rimozione di eventuali residui.

Inserire il martinetto piatto collegato all'apposita centralina/pompa oleodinamica; aumentare gradualmente la pressione, con step da 1 bar, fino ad azzerare le deformazioni misurate dai trasduttori.

Vanno eseguiti almeno due cicli di carico e scarico.

Tutte le deformazioni vanno registrate su nastro cartaceo o supporto informatico.

Eseguire una foto della strumentazione applicata ed una durante l'esecuzione del taglio.

Apparecchiatura

Martinetto piatto di forma semicircolare con larghezza di 35 cm e profondità di 25 cm.

Centralina oleodinamica o pompa manuale che consenta di mantenere una pressione costante entro l'1%.

Manometro di precisione classe 1 o trasduttore di pressione opportunamente calibrato con accuratezza dell'1%.

Il martinetto piatto deve essere corredato da certificato di taratura che attesti il coefficiente di rigidità da utilizzare nella formula relativa alla stima della tensione di esercizio.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali, cuffie e guanti.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'esecuzione;
- identificazione inequivocabile della posizione di esecuzione;
- restituzione con tabella e grafico delle pressioni esercitate e delle deformazioni misurate;
- calcolo della tensione di esercizio della muratura.

Allegare le foto della strumentazione applicata ed una eseguita durante l'esecuzione del taglio.

L'operazione va condotta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

3.3 Indagini con martinetto piatto doppio

Riferimento normativo: ASTM C1196 - C1197

L'indagine con martinetto piatto doppio ha lo scopo di determinare il valore della resistenza a rottura di una porzione di muratura compresa tra i due martinetti piatti e di stimare il Modulo Elastico.

L'indagine è eseguita successivamente alla prova con martinetto piatto nella stessa porzione muraria, in modo da associare alla tensione locale di esercizio quella massima di rottura.

L'esecuzione dei tagli avviene mediante troncatrice circolare eccentrica ad anello diamantato.

L'indagine consiste nell'eseguire due tagli paralleli nella muratura a debita distanza, all'interno dei quali si inseriscono due martinetti piatti. Nelle murature in elementi di laterizio (mattoni pieni, semipieni, modulari, ecc.) e/o in presenza di tipologie costruttive che distribuiscano trasversalmente le tensioni è necessaria l'esecuzione di due ulteriori tagli verticali a delimitare/isolare ulteriormente la zona di prova.

Mandando contemporaneamente in pressione i due martinetti si provoca uno stato di tensione monoassiale nella porzione di muratura in esame, riproducendo una prova in condizioni simili a quelli di un test uniassiale convenzionale.

La misura degli spostamenti verticali va effettuata con trasduttori di deformazione (o con deformometro) con capisaldi collocati nella zona compresa tra i due martinetti.

La misura degli spostamenti orizzontali è eseguita installando un trasduttore di deformazione (capisaldi di misura) nella zona a metà tra un taglio e l'altro.

Dalla forza esercitata dai martinetti per portare a collasso la muratura è possibile individuare la tensione di rottura con la seguente formula:

$$\sigma_r = p_r * \sigma(K_m * A_m/A_t)/2$$

Dove:

σ_r = tensione rottura [Mpa]

p_r = pressione di collasso [Mpa]

K_m = coefficiente di taratura del martinetto

A_m = area del martinetto [cm²]

A_t = area della superficie del taglio [cm²]

Condizioni operative

Rimuovere dalla porzione di prova circa 100x100 cm di intonaco, facendo attenzione a non danneggiare il paramento murario sottostante. Verificare la stratigrafia orizzontale del muro con un'indagine endoscopica preliminare e/o con l'esecuzione di un carotaggio.

La prova non è eseguibile in caso di murature "a sacco".

L'esecuzione dei tagli avviene mediante troncitrice circolare eccentrica ad anello diamantato.

Procedura

Dopo aver eseguito la prova con martinetto piatto singolo (vedere paragrafo precedente 3.2) eseguire un secondo taglio parallelo a debita distanza, indicativamente tra 40 e 80 cm, a seconda della muratura; inserire all'interno il secondo martinetto piatto (in alcuni casi può rendersi necessaria l'esecuzione di due ulteriori tagli verticali a delimitare ulteriormente la zona di prova). Ispezionare l'interno dei tagli e procedere, con apposito utensile, alla rimozione di eventuali residui.

Utilizzare 3 sensori elettronici di misura, uno in mezzzeria e gli altri paralleli e simmetrici al primo, oppure un deformometro con capisaldi collocati nella zona compresa tra i due martinetti. Un'ulteriore misurazione (sensore) può essere posta tra due punti nella zona a metà tra un taglio e l'altro per determinare gli spostamenti orizzontali.

Collegare i trasduttori di spostamento all'unità d'acquisizione per la lettura degli stessi ed azzerarli (o eseguire la lettura iniziale col deformometro); aumentare gradualmente la pressione, con step da 1 bar.

La prova deve essere condotta con almeno due cicli di carico/scarico (il primo cercando di arrivare almeno ad 1,5 volte il carico di esercizio) e spinta fin tanto che i sensori non identificano un cedimento repentino, o un andamento continuo di deformazione a carico costante, oppure la muratura non presenti segni di rottura riscontrabili con ispezione visiva.

Eseguire una foto della strumentazione applicata ed una durante l'esecuzione del taglio.

Apparecchiatura

Due martinetti piatti di forma semicircolare con larghezza di 35 cm e profondità di 25 cm.

Centralina oleodinamica o pompa manuale che consenta di mantenere una pressione costante entro l'1%.

Manometro di precisione classe 1 o trasduttore di pressione opportunamente calibrato con accuratezza dell'1%.

I martinetti piatti devono essere corredati da certificato di taratura che attesti il coefficiente di rigidità da utilizzare nella formula che consente la stima della tensione di collasso.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali, cuffie e guanti.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'esecuzione;
- identificazione inequivocabile della posizione di esecuzione;
- restituzione con tabella e grafico delle pressioni esercitate e delle deformazioni misurate;
- calcolo della tensione di rottura della muratura e del modulo elastico tangente.

Allegare le foto della strumentazione applicata ed una eseguita durante l'esecuzione del taglio.

L'operazione va condotta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

3.4 Indagini soniche

Riferimento normativo: Norma RILEM TC 127-MS.D.1

Tali indagini permettono di stimare le caratteristiche meccaniche della muratura, in particolar modo densità e omogeneità. Il controllo consiste nel valutare la velocità di propagazione di onde soniche (onde elastiche longitudinali di compressione con frequenza dell'ordine di qualche centinaio di Hz) all'interno della muratura, essendo tale parametro correlato alle caratteristiche del materiale quali densità, omogeneità, presenza di vuoti e fessurazioni.

La misura della velocità di penetrazione di un'onda di frequenza medio-bassa all'interno della muratura consente di ricavare informazioni sulla densità media del materiale esaminato e sulla presenza di eventuali zone di densità bassa.

Le prove soniche permettono di stimare il Modulo Elastico Dinamico che in genere, per il bassissimo sforzo generato nel test, sovrastima del 10% circa il normale Modulo Elastico misurato su provini o con la prova col martinetto piatto doppio.

La prova sonica diventa uno strumento di natura quantitativa se applicata prima e dopo l'intervento di consolidamento delle murature mediante iniezioni di miscela, in quanto riesce a proporre una valutazione comparativa tra le velocità soniche pre e post-intervento. Permette di verificare l'efficacia dell'intervento stesso in relazione alla diffusione della miscela di iniezione all'interno del corpo murario.

Condizioni operative

Rimuovere dai due lati opposti del muro circa 100x100 cm di intonaco, facendo attenzione a non danneggiare il paramento murario sottostante.

Tracciare su entrambe i lati del muro una griglia di punti di emissione e punti di ricezione dell'onda, generalmente $15 \div 20$ punti, possibilmente in corrispondenza dei laterizi. I punti d'indagine devono essere puliti e levigati, interponendo inoltre dell'apposito accoppiante tra la faccia dell'elemento strutturale e la sonda ricevente

Procedura

Le indagini devono essere effettuate preferibilmente in modalità di "trasparenza", misura diretta, ponendo la sonda ricevente sul lato opposto della struttura indagata rispetto al punto di impatto del martello trigger strumentato (c'è anche la possibilità di effettuare le misure in modalità "superficiale", misura indiretta, con trasmettitore e ricevitore sullo stesso lato della struttura muraria ma spesso i risultati sono di difficile interpretazione).

Contrassegnare con precisione i punti opposti alla superficie da indagare o, nel caso di unica superficie, quelli lungo una direttrice a distanze predefinite; gli impulsi sonici emessi dall'impatto del martello, dopo aver attraversato l'elemento strutturale in indagine, sono captati dalla sonda ricevente e registrati dall'apparecchiatura.

Nota la distanza tra punto d'impatto e di ricezione e misurato il tempo di percorrenza si ricava la velocità di propagazione delle onde come rapporto spazio/tempo.

Eseguire una foto della strumentazione applicata ed una durante l'esecuzione della prova.

Apparecchiatura

L'attrezzatura è costituita da un emettitore sonico (martello strumentato), da una sonda ricevente e da una centralina per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali e guanti.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'esecuzione;
- identificazione inequivocabile della posizione di esecuzione;

- allegati fotografici;
- tabella delle velocità misurate e calcolo del valore medio per ogni zona d'indagine.

L'operazione va condotta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

3.5 Prelievo di mattoni, pietre, malte e prove di Laboratorio

Riferimento normativo: UNI EN 772-1: 2015 determinazione della resistenza a compressione degli elementi per muratura

Riferimento normativo: Norma UNI 11176:2006 caratterizzazione petrografica di una malta

Condizioni operative

Rimuovere dalla zona di prelievo circa 50x50 cm di intonaco facendo attenzione a non danneggiare il paramento murario sottostante.

Procedura

La metodologia di campionamento dipende direttamente dalle caratteristiche del singolo materiale. Vanno seguiti alcuni principi guida:

- prelievo condotto nel rispetto dell'integrità dell'opera;
- la quantità di materiale prelevato deve essere compatibile con lo scopo della prova di Laboratorio e le richieste in termini di affidabilità della tecnica sperimentale;
- se il fine delle prove è la caratterizzazione e la verifica dell'estensione del danno, il prelievo di materiale deve essere effettuato su diverse parti dell'opera; in questo modo è possibile individuare l'eventuale presenza di vari tipi di degrado;
- il campionamento deve riguardare porzioni dell'opera non soggette all'azione della pioggia o a precedenti riparazioni, specialmente se il fine dell'indagine è la caratterizzazione dei leganti e degli aggregati delle malte;
- il numero di campioni deve essere sufficientemente alto, perché il risultato sia statisticamente significativo e rappresentativo della condizione della muratura.

Sui campioni di mattoni e pietre estratti in situ e successivamente lavorati (provini) devono essere effettuate prove di schiacciamento in Laboratorio per la determinazione del carico di rottura a compressione secondo la norma UNI EN 772-1: 2015.

Per caratterizzare i campioni di malta deve essere effettuato lo studio petrografico quantitativo al microscopio polarizzatore (MPOM) su preparato in sezione sottile secondo la norma UNI 11176:2006.

Apparecchiatura

Martello e scalpello demolitore elettrico, martello e scalpello manuali.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali e guanti.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'esecuzione;
- identificazione inequivocabile della posizione di esecuzione;
- allegati fotografici;
- certificati e/o rapporti di prova del Laboratorio Prove Materiali.

L'operazione va condotta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

3.6 Prelievo di campioni cilindrici di muratura e prove di Laboratorio

Il prelievo consiste nell'estrazione dalle strutture di campioni cilindrici di muratura tramite carotatrici. Tali campioni, opportunamente sagomati, sono sottoposti in Laboratorio a prove per la determinazione di massa volumica, prove meccaniche, di permeabilità, di gelività, ecc.

Per l'esecuzione delle prove per murature di laterizio o pietra si può fare riferimento a prescrizioni della norma UNI 6131 anche se questa è specifica per strutture in calcestruzzo. Secondo la norma la profondità e la dimensione del carotaggio sono stabilite in relazione allo spessore degli elementi da indagare e agli scopi dell'indagine. Inoltre, il criterio comune da seguire durante i prelevamenti, deve essere la riduzione al minimo del danneggiamento provocato dall'estrazione sul campione.

Condizioni operative

Rimuovere dalla zona di prelievo circa 50x50 cm di intonaco, facendo attenzione a non danneggiare il paramento murario sottostante.

Procedura

L'avanzamento del carotiere deve essere lento per recare il minore disturbo alla carota e continuamente raffreddato con acqua per lubrificare le superfici di contatto carotiere/muratura in modo da evitare attrito fra i due materiali e il possibile trasferimento di momento torcente alla carota.

Una volta terminato il prelievo occorre fotografare la carota su un piano di colore neutro insieme a un cartellino con la relativa sigla ed una fettuccia metrica affiancata alla carota per registrarne la lunghezza.

Apparecchiatura

Utilizzare una carotatrice professionale con sistema di avanzamento automatico e raffreddata ad acqua. La corona deve essere a filo diamantato.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali e guanti.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'esecuzione;
- identificazione inequivocabile della posizione di esecuzione;
- allegati fotografici;
- certificati del Laboratorio Prove Materiali.

L'operazione va condotta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

3.7 Prelievo di campioni di muratura e prove di Laboratorio

Riferimento normativo: UNI EN 1052-1.2001

Il prelievo di un campione permette di ottenere un elemento significativo del materiale, costituito dall'elemento mattone e malta di allettamento, sul quale eseguire delle prove di Laboratorio volte a caratterizzare dal punto di vista fisico-chimico e meccanico i materiali, valutarne il degrado, la resistenza a compressione e ad individuare la tipologia di materiale utilizzare per risanare la muratura. Per le dimensioni dei provini si veda la norma UNI EN 1052-1.

Condizioni operative

Liberare dall'intonaco una porzione muraria di almeno 100x100 cm facendo attenzione a non danneggiare il paramento murario sottostante. Verificare con un'indagine endoscopica preliminare o con l'esecuzione di un carotaggio la stratigrafia orizzontale del muro.

Procedura

Gli elementi prelevati, rappresentativi della tessitura muraria, devono essere comprensivi di almeno tre corsi di malta e devono essere spianati sulle superfici di contatto al fine di garantire la corretta distribuzione del carico in fase di compressione.

Per l'esecuzione del prelievo utilizzare un demolitore a percussione o sega circolare a disco diamantato per rimuovere una parte della muratura attorno al campione da esaminare tale da permettere l'accesso con la punta al retro dello stesso. Indebolire il retro della muratura da estrarre con il demolitore prestando attenzione a non danneggiarla.

Apparecchiatura

Martello e scalpello demolitore elettrico, martello e scalpello manuali; sega circolare a disco diamantato.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali, guanti e cuffie antirumore.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'esecuzione;
- identificazione inequivocabile della posizione di esecuzione;
- allegati fotografici;
- certificati del Laboratorio Prove Materiali.

L'operazione va condotta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

3.8 Sclerometro a pendolo per malte

Riferimento normativo: indicazioni RILEM 127 MS.D.7

La prova permette di determinare la durezza di giunti di malta, esprimendola in termini di classi (0, A, B, C, D, E).

Il metodo è impiegato in situ sia per verificare l'omogeneità del materiale all'interno di una struttura, sia per il controllo della qualità della malta. La prova non consente la valutazione della resistenza assoluta della malta.

Lo strumento è costituito da un pendolo incernierato al centro di un semicerchio graduato che ne costituisce il misuratore; il pendolo può scorrere su di esso fino a impattare il corso di malta attraverso un'apertura circolare al piede dello strumento.

Condizioni operative

Individuare i corsi di malta di spessore adeguato, almeno 1 cm, dove effettuare le battute; levigare la superficie con pietra abrasiva in particolare nelle porzioni dove è stato tolto l'intonaco e possono essere presenti residui di materiale diverso. I corsi di malta devono essere sufficientemente complanari alla superficie dei laterizi.

Il test non è significativo se eseguito su materiale troppo umido.

Procedura

Rimuovere eventuale intonaco o altri materiali di ricoprimento su aree di dimensioni tali da mettere a vista almeno tre corsi di malta orizzontali e verticali e procedere alla levigatura delle superfici di impatto.

Posizionare lo sclerometro a pendolo verticalmente verificando che l'apertura circolare nel piede dello strumento sia centrata sul corso di malta.

A questo punto si esegue il test facendo cadere e rimbalzare il pendolo contro il corso da provare.

Il principio della prova consiste nell'assorbimento di parte dell'energia potenziale della massa battente in deformazione plastica del letto di malta; la rimanente aliquota di energia si traduce in un "rimbalzo" della massa. Il valore letto è quello del rimbalzo (IR).

La prova va eseguita con almeno 9 rimbalzi, distribuiti nell'area investigata su corsi orizzontali e verticali.

Apparecchiatura

Sclerometro a pendolo tipo SCHMIDT-HAMMER.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali, guanti e cuffie antirumore.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'esecuzione;
- identificazione inequivocabile della posizione di esecuzione;
- allegati fotografici;
- restituzione con tabella degli indici di rimbalzo misurati e calcolo del valore medio per ogni zona d'indagine; mediante la curva di correlazione dello sclerometro si risale alla stima della resistenza a compressione delle malte.

L'operazione va condotta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

3.9 Penetrometro per malte, intonaco e laterizi

Riferimento normativo: ASTM C 803

Il sistema PIN System prevede di far penetrare un ago d'acciaio in una superficie per rilevare la relativa resistenza alla penetrazione; la resistenza così determinata è inversamente proporzionale alla resistenza del metodo a compressione. Il PIN System si rivela un veloce ed efficace sistema per determinare in situ le caratteristiche meccaniche di alcuni materiali da costruzione: malta legante, laterizi, malte da intonaco e da restauro.

Condizioni operative

Rimuovere eventuale intonaco o altri materiali di ricoprimento su aree di dimensioni tali da mettere a vista almeno tre corsi di malta orizzontali e verticali e procedere alla levigatura delle superfici di impatto con la pietra abrasiva in dotazione con lo strumento. Il test non è significativo se eseguito su materiale troppo umido.

Procedura

Posizionare il penetrometro ortogonalmente alla muratura e rilasciare l'ago di acciaio premendo il grilletto dello strumento. Per ogni zona d'indagine si eseguono almeno sette penetrazioni sulle malte e sette penetrazioni sui mattoni, poi tramite la pompetta in dotazione si puliscono i fori dai residui di materiale e con il micrometro si misura la profondità di infissione dell'ago nella superficie sottoposta a prova.

Apparecchiatura

Penetrometro da malta tipo PIN System.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali e guanti.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'esecuzione;
- identificazione inequivocabile della posizione di esecuzione;
- allegati fotografici;
- restituzione con tabella delle profondità di penetrazione misurate, scarto del valore massimo e minimo, calcolo del valore medio per ogni zona d'indagine;
- stima della resistenza a compressione del materiale mediante la curva di correlazione fornita dal costruttore dello strumento.

L'operazione va condotta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

3.10 Sclerometro per malte

Riferimento normativo: ASTM C 803.2003

Il sistema tipo Windsor prevede di far penetrare un ago d'acciaio in una superficie per rilevare la relativa resistenza alla penetrazione; la resistenza così determinata è inversamente proporzionale alla resistenza del metodo a compressione. Lo sclerometro per malta si rivela un veloce ed efficace sistema per determinare in situ le caratteristiche meccaniche delle malte.

Condizioni operative

Rimuovere eventuale intonaco o altri materiali di ricoprimento su aree di dimensioni tali da mettere a vista almeno tre corsi di malta orizzontali e verticali. Il test non è significativo se eseguito su materiale troppo umido.

Procedura

Posizionare il penetrometro ortogonalmente alla muratura mediante l'apposito elemento di posizionamento e rilasciare l'ago di acciaio premendo il grilletto dello strumento per 10 volte consecutive cercando di mantenere la perpendicolarità leggendo alla fine sul misuratore laterale la penetrazione complessiva.

Per ogni zona d'indagine si eseguono almeno tre penetrazioni complete per eseguirne poi la media e stimare la resistenza della malta mediante apposita curva di correlazione.

Apparecchiatura

Sclerometro per malta tipo Windsor (RSM15 della DRC).

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali e guanti.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'esecuzione;
- identificazione inequivocabile della posizione di esecuzione;
- allegati fotografici;
- restituzione con tabella delle profondità di penetrazione misurate, calcolo del valore medio per ogni zona d'indagine;
- stima della resistenza a compressione del materiale mediante la curva di correlazione fornita dal costruttore dello strumento.

L'operazione va condotta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

3.11 Shove test

Riferimento normativo: indicazioni RILEM 127 D.6

La prova a scorrimento (o taglio diretto) è finalizzata alla determinazione del valore medio di resistenza a taglio della muratura in situ. La prova consiste nel far scorrere orizzontalmente un elemento di laterizio, mediante la spinta di un idoneo martinetto idraulico, isolato lateralmente dal resto della muratura.

È prevista la rimozione di uno o più mattoni per allocare il martinetto, l'inserimento di due piastre di base per la ripartizione in modo uniforme del carico applicato, l'inserimento di un martinetto, la rimozione del giunto di testa dell'elemento di prova dalla parte opposta per consentire lo scorrimento e infine il posizionamento dei trasduttori millesimali per la misura degli spostamenti orizzontali.

La forza applicata al martinetto dipende dallo stato di compressione presente sull'elemento provato.

Condizioni operative

Rimuovere eventuale intonaco o altri materiali di ricoprimento su aree di interesse.

Procedura

Montare uno o due trasduttori di spostamento davanti al martinetto con capisaldi a cavallo del giunto di testa rimosso per la misurazione dello scorrimento effettivo.

Azionare il martinetto con una pompa oleodinamica, procedere all'applicazione graduale della forza orizzontale di spinta.

La prova prosegue fino a raggiungere la rottura per scorrimento dell'elemento a livello di giunto e continua facendo effettivamente scorrere il mattone per riconoscere meglio il punto di rottura.

La resistenza a taglio è calcolata sulla base dell'area lorda dei giunti superiore e inferiore attraverso la relazione:

$$t_u = F / 2A$$

Dove:

t_u = tensione tangenziale nella fase di rottura/scorrimento [N/cm²]

F = forza orizzontale agente al momento della rottura [N]

A = area della malta sottoposta a taglio (somma della sua superficie sup. e inf. a contatto dell'elemento) [cm²]

Ipotizzando il coefficiente d'attrito m e conoscendo lo stato di compressione s_v del provino al momento della prova (stimato o misurato mediante prova con martinetto piatto singolo) è possibile calcolare la resistenza a taglio caratteristica t_0 a partire dalla formula: $t_u = t_0 + m s_v$.

Apparecchiatura

Martello e scalpello demolitore elettrico, martello e scalpello manuali. Pompa oleodinamica manuale, martinetto oleodinamico per l'applicazione del carico, manometro di precisione classe 1, trasduttori elettronici collegati a unità di acquisizione dati.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali e guanti.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'esecuzione;
- identificazione inequivocabile della posizione di esecuzione;
- allegati fotografici;
- restituzione con tabella delle forze e degli spostamenti misurati;
- calcolo della resistenza a taglio e della resistenza a taglio caratteristica.

L'operazione va condotta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

3.12 Prova in diagonale su pannelli

Riferimento normativo: ASTM E519-2 "Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages"

La prova ha lo scopo di determinare la resistenza a compressione in diagonale di un campione isolato di muratura delle dimensioni di 120x120 cm. È possibile determinare il valore ultimo della Resistenza tangenziale, il Modulo di Rigidezza ed il Fattore di Duttilità.

Sul campione devono essere installati degli appositi elementi di acciaio che consentono di applicare il carico lungo la diagonale dell'elemento. Il carico sarà applicato con 1 o 2 martinetti oleodinamici controllati da una centralina a compensazione automatica della pressione.

Condizioni operative

La preparazione del campione avviene tagliando una porzione di muratura per l'intero spessore, isolando un blocco di dimensioni finali pari a 120x120 cm.

Procedura

Applicare il carico sui martinetti visualizzando e registrandone in continuo l'entità attraverso un trasduttore di pressione collegato a una unità di acquisizione con frequenze di campionamento di almeno 10 Hz.

Le deformazioni del pannello sono misurate lungo le diagonali, su entrambe le facce, utilizzando almeno 4 trasduttori di misura di spostamento millesimali che, collegati all'unità di visualizzazione e memorizzazione, devono registrare in continuo i cedimenti fino alla rottura del campione.

Apparecchiatura

Martinetto oleodinamico per l'applicazione del carico, centralina oleodinamica con compensazione automatica di pressione, trasduttore di pressione, trasduttori elettronici di deformazione, unità di acquisizione dati.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali e guanti.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'esecuzione;
- identificazione inequivocabile della posizione di esecuzione;
- allegati fotografici;
- restituzione con tabella delle forze e delle deformazioni misurate;
- calcolo della Resistenza a taglio, Modulo di Rigidezza, Fattore di Duttilità.

L'operazione va condotta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

3.13 Prova Sheppard (o prova di taglio/compressione in situ)

Riferimento normativo: non normata.

La prova Sheppard è equiparabile alla prova in diagonale con la differenza che non è necessario isolare completamente un blocco di muratura, ma è possibile eseguire la prova su pannelli ricavati all'interno della parete eseguendo i soli tagli verticali (ideale per murature in pietra o murature con legante di scarsa qualità). Le informazioni che si possono ottenere sono: il valore ultimo della Resistenza Tangenziale, il Modulo di Rigidezza ed il fattore di duttilità.

Condizioni operative

Isolare un pannello di muratura dalla struttura circostante mediante due tagli verticali. Il pannello deve avere larghezza di 80÷90 cm e altezza circa doppia della larghezza. Il pannello precedentemente isolato è soggetto all'azione di taglio trasmessa dal martinetto oleodinamico e alla compressione verticale dovuta al carico presente (peso murature, solai...).

Procedura

Eseguire due tagli verticali passanti per isolare un pannello di muratura delle dimensioni di circa 80÷90 cm di larghezza e 160÷180 cm di altezza.

Rimuovere una porzione di 5 cm di muratura sul lato opposto a quello di spinta per consentire libertà di deformazione/scorrimento del pannello.

Installare il sistema di spinta e il sistema di ripartizione del carico sull'intero spessore della muratura.

Installare i sensori per la misura delle deformazioni/spostamenti.

Il martinetto è posto a un'altezza di 90 cm ed il carico applicato è distribuito sull'intero spessore del pannello mediante un profilato metallico HEB100 di lunghezza 100 cm opportunamente rinforzato.

Realizzare una serie di cicli di carico/scarico fino alla comparsa delle prime fessurazioni e successivamente alla rottura del pannello.

Apparecchiatura

Martinetto oleodinamico per l'applicazione del carico, centralina oleodinamica con compensazione automatica di pressione, trasduttore di pressione, trasduttori elettronici di deformazione, unità di acquisizione dati.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali e guanti.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dell'operatore;
- data e ora dell'esecuzione;
- identificazione inequivocabile della posizione di esecuzione;
- allegati fotografici;
- restituzione con tabella delle forze e delle deformazioni;
- calcolo della resistenza a taglio.

L'operazione va condotta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

4. LEGNO

Le indagini diagnostiche applicate al legno in opera fanno riferimento alle UNI 11035 e UNI 11119. Le indagini in sito assumono un ruolo fondamentale nello studio delle patologie lignee ai fini della determinazione dello stato di conservazione e delle loro capacità prestazionali in rapporto alla sicurezza statica. Allo scopo, facendo riferimento alle normative vigenti, si evidenzia una procedura di lavoro che consente la valutazione dello stato di conservazione e la stima della resistenza di elementi lignei in opera attraverso ispezioni in situ e mediante l'impiego di metodologie di prova non distruttive.

4.1 Ispezione visiva

L'ispezione visiva permette l'individuazione della geometria nonché il rilievo e l'estensione di difetti e sezioni critiche.

L'ispezione dovrà essere supportata dalla misura della temperatura propria (con termometro ad infrarossi od a contatto) e dell'umidità percentuale (con apposito igrometro) del singolo elemento oggetto di verifica al fine di definire la classe di rischio.

L'ispezione difettologica permette di valutare la classe di resistenza a seconda dell'essenza del legno. Viene eseguita mediante le misurazioni degli smussi, delle dimensioni dei nodi, dell'inclinazione delle fibre in sezione (se possibile) e della presenza o meno di lesioni (cipollature, da gelo, ecc.).

Va valutata l'utilità di eseguire il prelievo di campione con sonda incrementale (succhiello di Pressler) per la stima dell'età oltre che per la verifica in Laboratorio del tipo di essenza. Va detto che comunque tale prelievo non sempre è praticabile su elementi in opera antichi a causa della resistenza acquisita nel tempo dal legno. La sonda, infatti, è stata ideata per prelievi su essenze arboree viventi.

Con le analisi culturali specifiche per il degrado dei materiali lignei, inoltre, sarà possibile determinare la presenza di colonie batteriche o fungine e confermare/definire la "classe di rischio" e valutare un trattamento che possa fermare il decadimento.

Il resoconto dell'ispezione deve riportare i risultati delle misurazioni eseguite in situ con l'indicazione della classe più alta raggiunta anche da solo una delle voci valutate nonché:

- nome dello sperimentatore;
- data della prova;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova;
- identificazione inequivocabile delle posizioni di prova;
- condizione di umidità superficiale al momento della prova;
- temperatura dell'elemento in prova;

Allegare la foto dell'elemento oggetto di ispezione.

4.1b Indagini di Laboratorio

Propedeutiche alle indagini sono necessari il prelievo di un campione per la determinazione dell'essenza lignea in Laboratorio. Possono essere eseguite diverse tipologie di indagine:

- Studio xilotomico al microscopio ottico da biologia di tre preparati istologici (tangenziale, radiale e trasversale) per il riconoscimento del legno;
- analisi colturali selettive specifiche per il degrado dei materiali lignei (carica batterica totale, funghi ligninolitici e cellulolitici, batteri ligninolitici e cellulolitici) e studio dei risultati (UNI 11526:2014);
- determinazione dell'età dei materiali lignei mediante indagine dendrocronologica. È prevista l'esecuzione di microcarote con diametro di 5-10 mm con succhiello di Pressler per il rilievo dendrocronologico in situ;
- studio e classificazione allo stereomicroscopio e/o al microscopio ottico da biologia di organismi biodeteriogeni (alghe, muschi, licheni) mediante preparati a fresco;
- determinazione dell'età dei materiali organici mediante datazione con il metodo del radiocarbonio C14 attraverso la tecnica della spettrometria di massa ad alta risoluzione (AMS).

4.2 Indagini ultrasoniche

Lo scopo di questa prova è quello di caratterizzare l'omogeneità del legno esaminato o, se eseguita parallelamente alle fibre, dare un'indicazione sulla densità. Questa metodologia prevede di attraversare il materiale con veicoli di impulsi mediante l'uso di apparecchi a ultrasuoni che utilizzano sonde con frequenze da 55 kHz o più elevate nel caso di spessori sottili, e calcolare la velocità di trasmissione. Il principio di misura si basa sull'emissione dell'ultrasuono di una sonda emettitrice che produce onde elastiche longitudinali che attraversano il materiale e sono captate dalla sonda ricevente e registrate da una apparecchiatura. Si misura il tempo di transito delle onde dalla sonda emettitrice e quella ricevente e si calcola la velocità in base alla distanza delle sonde.

Condizioni operative

Scelte le posizioni di misura, dove applicare le sonde, devono essere accuratamente pulite o levigate utilizzando attrezzi meccanici e carta abrasiva.

Procedura

Contrassegnare con precisione i punti opposti alla superficie da indagare; interporre dell'apposito accoppiante tra le facce dell'elemento strutturale e le sonde.

Porre la sonda emettitrice e la sonda ricevente a cavallo dell'elemento da indagare.

Effettuare la misurazione del tempo di transito dell'impulso rilevando il valore medio delle acquisizioni con valori all'interno di una variabilità di 200÷300 m/s.

La velocità si calcola attraverso il rapporto tra la distanza delle due sonde e il tempo di volo.

Si deve tener presente che le onde elastiche subiscono, all'interno dell'elemento esaminato, rifrazioni e riflessioni dovute alla presenza di fessure o vuoti con conseguenti riduzioni delle velocità. Procedere a una foto del punto di prova.

Apparecchiatura

È preferibile utilizzare apparecchiature con possibilità di "controllo di guadagno proporzionale" ovvero la possibilità di variazione del segnale tramite l'amplificatore di misura. Verificare la taratura dell'apparecchiatura utilizzata mediante apposito provino fornito direttamente della casa produttrice.

Sicurezza

Normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dello sperimentatore;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova;

- identificazione inequivocabile delle posizioni di prova;
- condizione di umidità superficiale al momento della prova;
- temperatura ambiente e del materiale in prova;
- tabella dei risultati di prova relativamente ai tempi misurati e alla velocità calcolata;
- data di taratura degli strumenti utilizzati.

Allegare la foto del punto di prova.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

4.3 Determinazione del profilo resistografico

Questo processo implica l'uso di uno strumento chiamato resistografo, che misura la resistenza alla penetrazione di una punta, di lunghezza 40 cm con diametro 3 mm, che avanza con un movimento combinato di rotazione e velocità costante. Misura la resistenza del legno mentre una punta di perforazione viene inserita nel materiale. I dati raccolti permettono di ottenere un profilo dettagliato della densità e della qualità del legno, aiutando a identificare eventuali difetti o degradi. Il metodo è indicato per indagare le zone degli elementi lignei non ispezionabili visivamente come, ad esempio, l'incastro delle travi all'interno delle murature.

Condizioni operative

Scegliere un idoneo punto di prova in un'area rappresentativa e importante dal punto di vista statico per gli sforzi di taglio e momento.

Procedura

Appoggiare la punta all'elemento in misura; regolare la sensibilità dello strumento in base alla durezza stimata per garantire una velocità compresa all'interno del range prestabilito per quel tipo di legno.

Eseguire un foro fino al raggiungimento della profondità stabilita; invertire senso di rotazione e rimuovere la punta dall'elemento in esame.

Assicurarsi di rimanere ben fermi durante la fase di penetrazione.

I risultati non dipendono dall'orientamento del penetrometro.

Il grafico risultante, prodotto in forma cartacea o digitale a seconda dello strumento, deve riportare sull'asse delle ascisse la posizione l'avanzamento della punta e sull'asse delle ordinate la resistenza alla penetrazione della punta espressa in percentuale rispetto ad una resistenza massima per quel tipo di legno.

Procedere a una foto del punto di prova.

Apparecchiatura

Utilizzare uno strumento resistografico con potenza e profondità di penetrazione sufficienti ad eseguire le indagini previste.

Sicurezza

Normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dello sperimentatore;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova;
- identificazione inequivocabile delle posizioni di prova;
- condizione di umidità superficiale al momento della prova;
- temperatura ambiente e del materiale in prova;
- grafico resistografico e relativi commenti;
- data di taratura degli strumenti utilizzati.

Allegare la foto del punto di prova.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

4.4 Prove di durezza superficiale

Lo scopo della prova è di valutare la densità e l'omogeneità superficiale degli elementi indagati ed eventualmente di stimare resistenza e/o modulo elastico del legno in base ad opportune correlazioni con la profondità di penetrazione di un punzone di forma cilindrica che viene infisso ad energia costante. Questa tecnica, applicabile sulle parti superficiali di elementi lignei, è influenzata dalle condizioni locali del legno nelle zone superficiali, va quindi scelta solo in condizioni ottimali del materiale da indagare (se lo scopo è stimare resistenza e/o modulo elastico). Per ricavare questi dati è indispensabile conoscere la specie legnosa. L'indice di penetrazione dello strumento, essendo in funzione della durezza superficiale, è influenzato dall'età, dai fattori climatici, dall'esposizione agli agenti atmosferici e da attacchi di funghi o insetti; tende pertanto a sottostimare gli elementi con forti degradi superficiali.

Condizioni operative

Scegliere un idoneo punto di prova in un'area rappresentativa e importante dal punto di vista statico per gli sforzi di taglio e momento. Assicurarsi che la superficie di prova sia ben liscia. Nel caso la superficie di impatto sia eccessivamente scabrosa non ne è consigliato l'utilizzo.

Procedura

Appoggiare la punta del penetrometro all'elemento in misura.

Posizionarsi di fronte alla superficie in misura facendo attenzione di tenere lo strumento perpendicolare rispetto alla superficie stessa.

Azionare il meccanismo a molla aumentando gradualmente la pressione di contatto fino a provocare l'impatto meccanico. Infiggere il chiodo calibrato (pin) azionando lo strumento tre/cinque volte prima di iniziare a effettuare le letture (a seconda dello strumento).

Devono essere prodotte preferibilmente dalle 3 alle 9 misure per singola zona di analisi (a seconda dello strumento utilizzato) meglio se secondo un riquadro prestabilito con dimensioni 10×10 cm e interasse tra i punti e dai bordi di 2,5÷3,0 cm.

Il risultato della prova risulta dalla media dei valori rilevati e può essere successivamente convertito, se le condizioni sono favorevoli, in base ad orientamento e curve di correlazione (specifiche dello strumento) per le principali essenze lignee da costruzione.

Procedere a una foto del punto di prova.

Apparecchiatura

Utilizzare uno strumento che presenti comprovata idoneità allo scopo (Pilodyn, Woodpecher etc).

Sicurezza

Normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dello sperimentatore;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova;
- identificazione inequivocabile delle posizioni di prova;
- condizione di umidità superficiale al momento della prova;
- temperatura ambiente e del materiale in prova;
- tabella dei risultati;
- data di taratura degli strumenti utilizzati.

Allegare la foto del punto di prova.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

4.5 Indagini tramite endoscopio

L'indagine tramite endoscopio, mediante l'osservazione visiva, ha lo scopo di verificare visivamente la consistenza e la natura del materiale costituente evidenziando eventuali anomalie. La restituzione fotografica o video dell'ispezione permette di osservare in maggiore dettaglio eventuali anomalie o cavità interne.

Condizioni operative

Individuare il punto di esecuzione del foro scegliendo, ove possibile, una condizione operativa comoda per l'operazione di foratura.

Procedura

Procedere all'esecuzione del foro di diametro 20÷30 mm fino a raggiungere la profondità desiderata.

Pulire il foro mediante immissione di aria (se foro passante) o acqua al fine di evitare che il pulviscolo causato dalla perforazione offuschi le immagini.

Inserire la sonda endoscopica facendola avanzare in profondità con intervalli di 5 cm ispezionando visivamente le quattro direzioni (0°-90°-180°-270°).

Documentare la visione interna degli elementi indagati mediante memorizzazione di immagini e filmati e riportando, su apposito modulo, l'ubicazione delle anomalie riscontrate col commento; eseguire una foto dell'area di prova con inserito l'endoscopio con relativa etichetta identificativa.

Apparecchiatura

Utilizzare una sonda endoscopica rigida per lunghezze fino a 1 m e, preferibilmente, una sonda flessibile per lunghezze superiori, dotata in punta di gruppo ottico con sorgente luminosa e testa snodabile telecomandata tramite joystick. La trasmissione delle immagini deve essere trasmessa, mediante fibre ottiche, a un monitor a colori dotato di memoria di registrazione. Lo strumento deve essere dotato di un riferimento metrico indicante in maniera continua la posizione della porzione inquadrata.

Sicurezza

Utilizzare sempre: scarpe antinfortunistiche, casco, occhiali, oltre a guanti e mascherina durante l'esecuzione del foro.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dello sperimentatore;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova;
- identificazione inequivocabile delle posizioni di prova;
- condizione di umidità superficiale al momento della prova;
- temperatura ambiente e del materiale in prova;
- fotogrammi e schema esplicativi della sezione dell'elemento con indicazione di eventuali anomalie e note dell'operatore.

Allegare le foto del punto di esecuzione e le immagini fotografiche, e/o filmati, dell'endoscopia.

L'operazione va diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

5. PROVE SU STRUTTURE

5.1a Prova di carico statica con martinetti idraulici

Si esegue su elementi strutturali orizzontali da collaudare o su cui è necessario determinare la capacità portante. Si effettua con l'applicazione graduale di forze concentrate attraverso uno o più martinetti oleodinamici opportunamente contrastati dalle strutture superiori al fine di ricreare su una superficie limitata di spinta la stessa sollecitazione flettente in mezzzeria prodotta dal carico distribuito di riferimento. La misura delle deformazioni (abbassamenti), avviene mediante sensori di spostamento. Vengono eseguiti almeno due cicli di carico/scarico per valutarne l'elasticità, che è verificata se sono soddisfatti i parametri di Ripetibilità, Linearità e Permanenza. Il periodo di stazionamento dei carichi deve essere tale da garantire la stabilizzazione delle frecce, nel caso di tempi lunghi o di variazione della temperatura ambiente per ΔT superiori a 3°C è necessario prevedere 1 sensore di riferimento termico, con lunghezza dell'asta di sostegno analoga a quelle in prova; tale valore sarà utilizzato per depurare i valori delle frecce rilevate dall'influenza della temperatura.

Condizioni operative

Vanno posizionate ortogonalmente all'orditura del solaio in prova le apposite putrelle di base aventi dimensione 100 x 20 cm cad.

Le posizioni consuete sono:

- 1 forza → in mezzzeria
- 3 forze → in mezzzeria e ai quarti luce

Negli innesti delle putrelle di base vanno inseriti i martinetti idraulici, sui quali vengono montate le putrelle di distribuzione del carico, di dimensioni minime 100x10 cm, aventi un apposito snodo sferico che garantisca la perfetta aderenza con il solaio superiore.

Al martinetto posto in mezzzeria va inserita la cella di carico che consente l'esatta misura della forza applicata. I martinetti vanno collegati in parallelo con la centralina oleodinamica.

Al piano inferiore si posizionano le aste telescopiche con nella parte terminale i sensori elettronici di misura che vengono portati a contatto con l'intradosso del solaio in prova, in direzione longitudinale agli appoggi, in mezzzeria e ai quarti luce e almeno 2 su un solo lato in direzione perpendicolare all'orditura in mezzzeria per misurare la collaborazione trasversale. L'eventuale sensore di riferimento termico va posto in un punto non deformabile dalle forze applicate.

I sensori vanno collegati via cavo o con trasmissione wireless, all'unità di acquisizione e visualizzazione dei dati.

Procedura

Assicurarsi preventivamente della perfetta corrispondenza tra posizione e numerazione dei sensori riportate nell'unità di acquisizione, eseguendo la verifica ~~in contatto~~ tra l'addetto al movimento dei sensori e l'addetto alla acquisizione dei dati; azzerare tutti gli strumenti, sensori di misura e cella di carico.

Procedere all'applicazione del carico seguendo lo schema che prevede un'applicazione graduale con step del 25% del carico atteso, memorizzando i dati rilevati.

Ogni step va acquisito due volte prima di passare allo step superiore; ad ogni incremento di carico vanno verificati i valori di linearità, ripetibilità e residuo allo scarico (nel caso di prove di analisi); se positivi si procede allo step superiore. Completati i cicli fino al massimo desiderato si procede a ripetere la prova al solo carico massimo al fine di valutare il residuo allo scarico già depurato degli eventuali assestamenti.

Procedere all'esecuzione di una foto del piano di carico coi martinetti e del piano di misura con i sensori di freccia.

Apparecchiatura

La centralina oleodinamica di controllo del carico deve essere gestibile con una regolazione fine delle pressioni esercitate in modo da garantire step minimi di 0,1 kN.

Il rilievo delle frecce deve essere effettuato con attrezzatura computerizzata che consenta la visualizzazione in tempo reale dei dati e la memorizzazione degli stessi.

I sensori elettronici di misura delle frecce devono avere un'escursione minima di 10 mm, una sensibilità almeno di 0,01 mm, una linearità minima del 99,6%.

La cella di carico, collegata all'unità di acquisizione, per una visione continua del carico applicato, deve garantire, nella catena di collegamento strumento – cavo – unità, un errore massimo pari a $\pm 1,5\%$.

Tutte le attrezzature indicate devono possedere un certificato di taratura entro un anno dall'esecuzione della prova.

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere: scarpe antinfortunistiche, casco e guanti.

Durante l'esecuzione della prova è necessario assicurarsi che nessuno sia all'interno dell'area di prova costituita dalla zona di carico o dalle zone potenzialmente cedenti in caso di rottura dell'elemento provato, delimitandole con del nastro segnaletico.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome degli sperimentatori e dei presenti;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova;
- identificazione inequivocabile delle posizioni di carico e misura;
- andamento temporale dei valori rilevati sottoforma di tabella e grafico;
- temperatura ambiente;

Allegare le foto della zona di carico e di misura.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato quale sperimentatore di questa tipologia di prova.

5.1b Prova di carico statica con sacconi o contenitori d'acqua

Si esegue su elementi strutturali orizzontali da collaudare o su cui è necessario determinare la capacità portante. Si effettua con l'applicazione graduale del carico attraverso il riempimento con acqua di specifici sacconi o appositi contenitori rigidi al fine di ricreare la stessa sollecitazione flettente prodotta dal carico distribuito di riferimento. La misura delle deformazioni (abbassamenti) avviene mediante sensori di spostamento. Vengono eseguiti almeno due cicli di carico/scarico per valutarne l'elasticità, che è verificata se sono soddisfatti i parametri di ripetibilità, linearità e permanenza. Il periodo di stazionamento dei carichi deve essere tale da garantire la stabilizzazione delle frecce, nel caso di tempi lunghi o di variazione della temperatura ambiente per ΔT superiori a 3°C è necessario prevedere 1 sensore di riferimento termico, con lunghezza dell'asta di sostegno analoga a quelle in prova; tale valore sarà utilizzato per depurare i valori delle frecce rilevate dall'influenza della temperatura.

Condizioni operative

Vanno posizionati i sacconi o i contenitori nella zona di prova posizionando il centro delle forze applicate al centro del solaio.

Al piano inferiore si posizionano le aste telescopiche con nella parte terminale i sensori elettronici di misura che vengono portati a contatto con l'intradosso del solaio in prova, in direzione longitudinale agli appoggi, in mezzeria e ai quarti luce e almeno 2 su un solo lato in direzione perpendicolare all'orditura in mezzeria per misurare la collaborazione trasversale. L'eventuale sensore di riferimento termico va posto in un punto non deformabile dalle forze applicate.

I sensori vanno collegati via cavo o con trasmissione wireless, all'unità di acquisizione e visualizzazione dei dati.

Procedura

Assicurarsi preventivamente della perfetta corrispondenza tra posizione e numerazione dei sensori riportate nell'unità di acquisizione, eseguendo la verifica ~~in contatto~~ tra l'addetto al movimento dei sensori e l'addetto alla acquisizione dei dati azzerare i sensori di misura.

Procedere all'applicazione del carico inserendo l'acqua nel o nei sacconi o contenitori seguendo lo schema che prevede un'applicazione graduale con step del 25% del carico atteso, memorizzando i dati rilevati.

Ad ogni incremento di carico vanno verificati i valori di linearità; se positivi si procede allo step superiore.

L'incremento del carico va misurato attraverso l'impiego di un contalitri per consentire una misura precisa.

Completati i cicli, fino al massimo desiderato, se richiesto o necessario, si procede a ripetere la prova al solo carico massimo al fine di valutare la ripetibilità ed il residuo allo scarico già depurato degli eventuali assestamenti.

Procedere all'esecuzione di una foto del piano di carico e del piano di misura con i sensori di freccia.

Apparecchiatura

I sacconi d'acqua o i contenitori devono prevedere delle apposite bocche di accesso per garantire la non fuoriuscita dell'acqua durante le fasi di mantenimento del carico.

Il rilievo delle frecce deve essere effettuato con attrezzatura computerizzata che consenta la visualizzazione in tempo reale dei dati e la memorizzazione degli stessi.

I sensori elettronici di misura delle frecce devono avere un'escursione minima di 10 mm, una sensibilità almeno di 0,01 mm, una linearità minima del 99,6%.

Tutte le attrezzature indicate devono possedere un certificato di taratura entro un anno dall'esecuzione della prova.

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere: scarpe antinfortunistiche, casco e guanti. Durante l'esecuzione della prova è necessario cautelarsi che nessuno sia all'interno dell'area di prova costituita dalla zona di carico o dalle zone potenzialmente cedenti in caso di rottura dell'elemento provato, cedenti in caso di rottura dell'elemento provato, delimitandole con del nastro segnaletico.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome degli sperimentatori e dei presenti;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- caratteristiche geometriche dei sacconi o dei contenitori;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova;
- identificazione inequivocabile delle posizioni di carico e misura;
- andamento temporale dei valori rilevati sottoforma di tabella e grafico;
- temperatura ambiente.

Allegare le foto della zona di carico e di misura.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato quale sperimentatore di questa tipologia di prova.

5.2 Caratterizzazione dinamica di una struttura

Lo scopo della caratterizzazione dinamica di una struttura è di individuare sperimentalmente le frequenze libere di vibrazione e le forme modali.

Il rilievo di questi parametri, legati a tutte le caratteristiche geometriche, meccaniche e di vincolo della struttura, consente di fornirsi di valori sperimentali riconfrontabili nel tempo. Questa condizione permette una verifica, in tempi lunghi, delle condizioni generali dell'opera, particolarmente utile in caso di evento sismico.

I valori rilevati rappresentano un fondamentale supporto per la calibrazione dei modelli numerici, ottenuta facendo corrispondere, attraverso la modifica dei parametri di input (moduli elastici, gradi di vincolo...) forme e frequenze modali tra risultati sperimentali e valori teorici.

Consente una corretta predisposizione delle campagne di indagini sui materiali, come prevista dalle NTC per i vari Livelli di Conoscenza, distribuendo le quantità di prova più sugli elementi maggiormente sollecitati in caso sismico.

La sollecitazione vibrazionale necessaria per il rilievo è indotta dai soli microtremori ambientali.

Per l'esecuzione di questa misurazione vanno impiegate almeno 4 terne microsismiche contemporaneamente. La posizione va individuata in base a una prima valutazione delle forme modali teoriche predisponendosi nei piani di maggiore deformazione e nei punti di flesso.

Sono necessari i rilievi su ogni angolo esterno dei singoli blocchi posizionando gli strumenti nei pressi dei nodi. Nel caso degli edifici, gli strumenti saranno posti almeno ogni due/tre piani ed in accoppiamento in caso di giunti. Tenuto conto della grande quantità di punti di misura devono essere sempre conservate due posizioni fisse, questo permette una sincronizzazione virtuale di tutte le rilevazioni da effettuare in fase di analisi.

La misura va completata con le vibrazioni rilevate al terreno circostante in modo da consentire la depurazione degli effetti antropici.

Condizioni operative

Per l'effettuazione di questa indagine è necessario che all'interno della struttura siano annullate tutte le sollecitazioni derivanti da lavorazioni, funzionamento di macchine, movimento di persone.

Anche la riduzione dei fenomeni antropici è utile alla buona riuscita della rilevazione, per questo vanno preferite le giornate o gli orari utili allo scopo.

Procedura

Posizionare le terne microsismiche nei punti selezionati, scelti in base a un preventivo studio del modello numerico teorico.

Verificare il loro perfetto appoggio e la loro orizzontalità mediante la bolla presente.

Verificare il loro collegamento radio con la terna master.

Procedere alla sincronizzazione di tutti gli strumenti.

Verificare che le condizioni di "silenzio" interno alla struttura siano reali.

Procedere alla memorizzazione dei dati con uno scansionamento di 512 Hz ed un tempo minimo di 4 minuti.

Ripetere la misura per almeno 2 volte.

Alla fine delle prove verificare che gli strumenti abbiano realmente acquisito i dati trasferendoli per una prima visualizzazione in un computer.

Eseguire la misurazione al terreno in almeno due punti distinti.

Effettuare la foto della struttura e di tutti i sensori applicati.

Apparecchiatura

Tromografi digitali Microsismic 6S, costituiti ciascuno da 1 terna accelerometrica e 1 terna geofonica. Le caratteristiche dei sensori sono: sensibilità velocimetri: $\pm 1,5 \div \pm 45,6$ mm/s; fondo scala accelerometri: ± 3 g nella banda 0.5 Hz-1600 Hz per gli assi X e Y e 0.5 Hz- 550 Hz per l'asse Z; densità di potenza spettrale del rumore è 280 $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms per gli assi X e Y e 350 $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms per l'asse Z. Le apparecchiature devono essere collegabili tra loro via radio per consentire la sincronizzazione del segnale.

Tutte le attrezzature indicate devono possedere un certificato di taratura entro un anno dall'esecuzione della prova.

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome degli sperimentatori e dei presenti;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- schema strutturale dell'edificio in esame;
- identificazione delle posizioni degli strumenti e delle direzioni di misura delle terne;
- analisi dei dati nel dominio dei tempi e delle frequenze;
- ricostruzione delle forme modali principali in forma tridimensionale;
- valutazione delle percentuali di accelerazioni per le singole direzioni X, Y, Z per ogni forma modale;
- temperatura ambiente.

Allegare le foto di tutte le posizioni di misura e dell'edificio.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

5.3 Modello geometrico dinamico di una struttura

Sulla base della storia temporale dei segnali acquisiti attraverso le modalità indicate nella prova 5.2, devono essere elaborate le forme modali attraverso la costruzione di un modello geometrico dinamico ai cui nodi saranno applicate le storie temporali delle acquisizioni sperimentali effettuate nelle diverse configurazioni. Tale modello, nel suo insieme, è sottoposto ad analisi EFDD (Enhanced Frequency Domain Decomposition): sfruttando la natura aleatoria della sollecitazione ambientale, tale analisi deve essere eseguita sia per ogni singola configurazione che per l'insieme delle configurazioni, anche se acquisite in momenti diversi. Il modello geometrico dinamico dovrà fornire le frequenze e forme modali almeno fino al III° modo di vibrare. Per garantire il confronto con successive verifiche di altre strutture o sugli stessi edifici nel tempo, il software di elaborazione dei modelli geometrici dovrà essere ARTEMIS o analogo software in grado di eseguire un'analisi EFDD.

L'errore di valutazione della misura delle frequenze deve essere inferiore a $\pm 1\%$.

5.4 Caratterizzazione dinamica del terreno

Riferimento normativo: SESAME 2005

Lo scopo dell'indagine dinamica del terreno è di individuare sperimentalmente le frequenze del terreno mediante la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o dei rapporti spettrali H/V; dalle registrazioni del rumore sismico ambientale su terreno vengono ricavate le curve H/V, secondo la procedura classica descritta nel progetto denominato SESAME - *Site EffectS Assessment using AMbient Excitations* – 2005, che si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola e array, dove si è certificata l'affidabilità delle misure spettrali per la ricostruzione sismica del sottosuolo.

La misura va effettuata in almeno due punti del contorno dell'edificio e in caso di risultati diversi procedere all'analisi di più punti.

Condizioni operative

Per l'effettuazione di questa indagine è necessario che all'interno della struttura, intorno alla quale si procede alla caratterizzazione del terreno, siano annullate tutte le sollecitazioni derivanti da lavorazioni e funzionamento di macchine. Anche la riduzione dei fenomeni antropici è utile alla buona riuscita della rilevazione, per questo vanno preferite le giornate o gli orari utili allo scopo.

Procedura

Posizionare le terne microsismiche nei punti selezionati facendo attenzione che il terreno su cui è posto lo strumento sia, possibilmente, quello naturale senza successive manipolazioni.

Verificare il loro perfetto ancoraggio attraverso l'infissione degli appositi piedini. Verificare il loro collegamento radio con la terna master e procedere alla sincronizzazione degli strumenti. Verificare che le condizioni di "silenzio" interno alla struttura siano reali; procedere alla memorizzazione dei dati con uno scansionamento di 512 Hz e un tempo minimo di 4 minuti. Ripetere la misura per almeno 2 volte. Alla fine delle prove verificare che gli strumenti abbiano realmente acquisito i dati trasferendoli per una prima visualizzazione in un computer. Effettuare la foto della struttura e dell'area di terreno con le terne in misura.

Apparecchiatura

Tromografi digitali Microsismic 6S, costituiti ciascuno da 1 terna accelerometrica e 1 terna geofonica. Le caratteristiche dei sensori sono: sensibilità velocimetri: $\pm 1,5 \div \pm 45,6$ mm/s; fondo scala accelerometri: ± 3 g nella banda 0.5 Hz-1600 Hz per gli assi X e Y e 0.5 Hz- 550 Hz per l'asse Z; densità di potenza spettrale del rumore è 280 $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms per gli assi X e Y e 350 $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms per l'asse Z. Le apparecchiature devono essere collegabili tra loro via radio per consentire la sincronizzazione del segnale.

Tutte le attrezzature indicate devono possedere un certificato di taratura entro un anno dall'esecuzione della prova.

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome degli sperimentatori e dei presenti;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- identificazione delle posizioni degli strumenti e delle direzioni di misura delle terne;
- analisi dei dati nel dominio dei tempi e delle frequenze;
- temperatura ambiente.

Allegare le foto di tutte le posizioni di misura.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

5.5 Indagine tramite georadar

Normativa di riferimento: Legge 5 Novembre 1971 n. 1086, D.M. 11/03/1988, UNI EN 380:1994, D.M. 09/01/1996, Raccomandazioni della Norma RILEM TC 127 -MS D.3.

L'indagine con Georadar, attraverso l'utilizzo di onde radar, consente di esaminare i materiali indagati senza interferire nelle loro caratteristiche fisiche, meccaniche e chimiche. In particolare, è possibile identificare le interfacce tra i livelli dotati di differente resistività e costante dielettrica. Un impulso elettromagnetico della durata di pochi nanosecondi, inviato nel mezzo tramite un'antenna trasmittente, viene in parte riflesso dalle interfacce tra livelli in contrasto elettromagnetico e in parte trasmesso nei livelli sottostanti. I segnali riflessi sono captati in superficie tramite un'antenna ricevente che può essere la stessa utilizzata per la trasmissione (configurazione monostatica).

Condizioni operative

Per l'effettuazione di questa indagine è necessario che le superfici si presentino più asciutte e regolari possibili, onde consentire un segnale chiaro, ben definito e continuo.

La preparazione delle superfici può passare per il tracciamento di un reticolato, particolarmente importante quando si effettuano scansioni 3D.

Procedura

L'acquisizione dei dati è effettuata spostando in linea retta l'antenna trasmittente/ricevente appoggiata sulla superficie da scansionare. Eventuali oggetti puntuali presenti al di sotto della superficie scansionata generano delle immagini radar (radargrammi) con le caratteristiche forme ad iperbole. Per l'individuazione degli oggetti e/o delle stratificazioni si deve procedere a più scansioni parallele e perpendicolari tra loro, tali da creare un reticolo. La scansione deve permettere la restituzione di sezioni tomografiche esplicative delle zone indagate. Se necessario deve essere possibile utilizzare sistemi georadar dotati di array fino a quattro antenne, che permettono di acquisire contemporaneamente in un'unica scansione con molteplici frequenze (e quindi profondità e dettagli differenti).

Apparecchiatura

In funzione dello scopo di indagine è possibile utilizzare sistemi mono o multi-antenna con frequenze comprese tra i 40 ed i 3.500 MHz.

Basse frequenze consentono maggiore profondità di penetrazione e minore dettaglio, mentre sistemi ad alta frequenza operano con un'ottima definizione nei primi 50-70 cm dalla superficie di scansione.

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome degli sperimentatori e dei presenti;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- schema planimetrico delle superfici esaminate;
- radargrammi 2D con indicazione dei target rilevanti;
- eventuali tomografie 3D a diverse profondità di indagine, con indicazione dei target significativi.

Allegare le foto generali delle superfici indagate, utili in fase di analisi e post processing.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

5.6 Rilievo tramite laser-scanner

Lo scopo del rilievo Laser Scanner è di ricavare con precisione centimetrica le forme trigonometriche delle strutture in esame consentendo una trasposizione successiva in disegno CAD e una misurazione semplice delle distanze tra i punti. Il Laser Scanner produce una nuvola di punti 3D (a ogni pixel corrisponde una coordinata polare e una cartesiana) all'interno della quale si possono eseguire analisi, misurazioni, generare degli oggetti 3D e successivamente creare il relativo modello CAD. L'acquisizione prevede il posizionamento dello strumento sul treppiede telescopico la cui base è disposta orizzontalmente mediante un controllo con bolla sferica. Il rilievo tridimensionale avviene attraverso la memorizzazione delle misure sul computer collegato al laser scanner e impostato con i parametri di acquisizione, tra cui l'area e la risoluzione richiesta. Il risultato è una nuvola di punti a ognuno dei quali sono associate le coordinate spaziali e le informazioni sul colore. Dalla nuvola di punti si possono ricavare le sezioni o gli interi modelli tridimensionali degli spazi analizzati. Per una completa visualizzazione spaziale della struttura analizzata si dovranno eseguire più postazioni di misura per eliminare tutte le zone d'ombra.

5.7 Indagine termografica

Normativa di riferimento: UNI EN 13187:2000 "Prestazione termica degli edifici – Rivelazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi – Metodo all'infrarosso".

L'indagine termografica è un tipo di rilievo dalle molteplici applicazioni sia nell'ambito dell'Ingegneria Civile che Industriale.

Si utilizzano telecamere sensibili nel campo dell'infrarosso IR, comunemente dette termocamere, riprendendo la superficie da esaminare sollecitata termicamente sfruttando sorgenti naturali quali ad esempio il soleggiamento, ovvero utilizzando sorgenti artificiali quali stufe, convogliatori d'aria calda a cannone etc.

È necessario che esista un flusso termico fra la superficie ripresa e l'ambiente nel quale è posizionato l'operatore con la termocamera.

Da tali riprese, definite termografie, si procede, con appositi software, alla realizzazione di mappe termografiche il cui andamento delle bande di colore corrisponde a linee isoterme.

Principali applicazioni pratiche possono essere:

- analisi di omogeneità di paramenti murari (superfici verticali oppure orizzontali) con particolare attenzione all'individuazione di zone di distacco delle superfici di rivestimento (intonaci in particolare);
- individuazione di zone umide e di zone preferenziali per la dispersione del calore;
- individuazione di cavità;

- lettura dello scheletro strutturale nascosto dai rivestimenti.

Il principio di funzionamento si basa sul fatto che ogni oggetto avente temperatura al di sopra dello zero assoluto emette raggi infrarossi che sono invisibili all'occhio umano. La termocamera è in grado di intercettare i raggi infrarossi e da questi calcolare la temperatura dell'oggetto. Il calcolo tiene conto di alcune costanti fisiche quali l'emissività ϵ ed il fattore di riflessione ρ che devono a priori essere impostati sulla termocamera.

La termografia è un metodo di misura passivo cioè senza contatto con l'oggetto. L'immagine termica mostra la temperatura sulla superficie dell'oggetto, tuttavia, se elementi collocati sotto la superficie influenzano la distribuzione della temperatura sulla superficie dell'oggetto di misura tramite conduzione, può essere individuato il design della struttura interna all'oggetto.

Area di misura

Occorre considerare tre variabili per individuare la distanza di misura appropriata e l'oggetto di misura massimo visibile o misurabile:

- Il campo visivo FOV (che dipende dalla lente usata);
- Il più piccolo oggetto identificabile IFOV_{geo};
- Il più piccolo oggetto/area di misura misurabile IFOV_{meas}.

Condizioni operative

Impostare sulla termocamera l'emissività del materiale, ricavabile sperimentalmente oppure in letteratura, prima di iniziare la ripresa.

Le condizioni di rilevazione ideali sono:

- se all'aperto condizioni atmosferiche stabili;
- cielo nuvoloso;
- assenza di luce solare diretta e di precipitazioni;
- superfici asciutte;
- assenza di vento e di correnti d'aria.

È inoltre opportuno:

- mantenere la distanza di misura quanto più piccola possibile;
- per i dettagli usare la termocamera montata su un cavalletto;
- usare una termocamera con integrata una fotocamera digitale in modo da potersi meglio orientare nell'analisi successiva.

Sicurezza

- Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere: scarpe antinfortunistiche, casco e guanti.

Resoconto di prova

- Nome degli sperimentatori e dei presenti;
- Data ed ora della prova/misura;
- Condizioni ambientali e termiche al momento della prova;
- Caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- Identificazione dell'oggetto di prova ed orientamento rispetto ai punti cardinali.

Allegare le foto della zona di prova sia nel campo dell'IR che del visibile.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

5.8 Indagine tomografica ultrasonica

Normativa di riferimento: Normativa UNI EN 12504-2:2012 (c.a./c.a.p.)

Il tomografo a ultrasuoni oltre che essere impiegato per l'analisi di strutture in cemento armato, si presta a diverse applicazioni nel campo dei controlli non distruttivi sulle strutture in pietra, specie se caratterizzate da blocchi sufficientemente grandi e regolari, con superficie abbastanza liscia, tale da garantire un adeguato contatto con i sensori.

Il funzionamento del tomografo si basa sulla riflessione di brevi impulsi di onde elastiche ad opera di fessure, cavità, armature e altre discontinuità presenti nel materiale (metodo pulse-echo).

L'intensità delle onde riflesse da queste disomogeneità dipende dal loro contrasto rispetto al materiale di base in termini di impedenza acustica.

In particolare, l'aria presente nei vuoti ha un'impedenza acustica praticamente nulla e gli impulsi vengono riflessi integralmente. Indicazioni più deboli si ottengono in corrispondenza delle barre d'armatura, la cui impedenza acustica è circa 4-5 volte quella del calcestruzzo.

Condizioni operative

Per l'effettuazione di questa indagine è necessario che le superfici si presentino regolari, onde consentire un appoggio totale di tutte le sonde presenti. La preparazione delle superfici può passare per il tracciamento di un reticolato, particolarmente importante quando si effettuano scansioni 3D.

Procedura

Nel caso di travi o elementi in c.a.p., individuare la presenza dei cavi di precompressione o post-compressione mediante georadar e/o pacometro, tracciando sulla superficie del calcestruzzo l'asse del cavo oggetto di verifica per l'intera lunghezza di indagine.

Successivamente impostare sulla macchina l'interasse tra le scansioni longitudinali e la distanza trasversale di campionamento. Completare la mappatura e salvare il file al termine di ogni scansione. Nel caso di indagini relative a materiali come la pietra naturale, stabilire la griglia di scansione e procedere all'esecuzione dell'indagine, verificando di impostare la profondità di indagine desiderata (max 2,0 m).

Apparecchiatura

Il tomografo vanta diverse soluzioni tecniche che lo rendono particolarmente efficace nell'utilizzo sul campo: in primo luogo i sensori vengono applicati a secco, senza l'interposizione di un materiale di accoppiamento, come invece avviene nelle comuni indagini ultrasoniche.

I sensori sono poi dotati di molle precaricate indipendenti che ne permettono l'adattamento anche a superfici non perfettamente piane. Non è quindi richiesta alcuna preparazione particolare della superficie di prova, oltre alla normale rimozione di polvere e colature cementizie. Un'altra peculiarità riguarda il tipo di vibrazioni generate che consistono in brevi impulsi di onde taglio di frequenza variabile da 25 a 85 kHz. Questo permette una maggiore dettaglio nella restituzione tomografica (minor lunghezza d'onda), un più agevole adattamento alle diverse qualità di calcestruzzo e spessori da indagare, e la capacità di identificare anche fessure sature d'acqua.

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome degli sperimentatori e dei presenti;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- schema planimetrico ed eventuali sezioni delle superfici esaminate;
- tomografia 2D e/o 3D con indicazione dei target rilevanti.

Allegare le foto generali delle superfici indagate, utili in fase di analisi e post processing.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

5.9 Misura degli effetti delle vibrazioni su un edificio

Normativa di riferimento: Normativa UNI 9916

La prova ha lo scopo di verificare se le vibrazioni indotte da sorgenti esterne, quali attività di cantiere, scoppi di mine, traffico stradale, o da sorgenti interne come, ad esempio, il funzionamento di macchine o impianti all'interno dell'edificio, possano essere tali da indurre danni sugli elementi strutturali dell'edificio sottoposti alle vibrazioni.

La metodologia di indagine si basa sul rilievo delle vibrazioni, con misura tridimensionale, nei punti previsti dalla normativa.

Condizioni operative

I rilievi vanno eseguiti con la sorgente di vibrazione attiva. La scelta delle posizioni di misurazione è determinata dalla tipologia strutturale, dalla natura della sorgente e deve essere effettuata caso per caso in funzione della funzionalità dello studio; nel caso di sorgente esterna è auspicabile effettuare le misure nelle zone dell'edificio più prossime alla sorgente.

Procedura

Posizionare le terne di accelerometri nei punti indicati dalla normativa, utilizzando adeguate modalità di fissaggio che devono garantire la perfetta aderenza alla struttura.

Procedere all'acquisizione dei dati; la frequenza di campionamento è definita in funzione della frequenza massima delle componenti spettrali aventi valori significativi presenti nel segnale acquisito, in ogni caso per gli edifici è adeguato un campionamento di almeno 1.000 Hz. Deve essere eseguita un'acquisizione preliminare con la sorgente di vibrazione non attiva per la valutazione del rumore di fondo.

Elaborare i dati derivanti dalle acquisizioni con sorgente di vibrazione attiva negli intervalli di frequenza indicati dalla normativa e confronto con i valori limite di riferimento indicati nel prospetto D.1 della UNI 9916.

Apparecchiatura

Accelerometri piezoelettrici o tipo MEMS. Per ciascun punto di misura è richiesto il rilievo delle vibrazioni sia in direzione verticale sia in due direzioni orizzontali ortogonali.

Sistema di acquisizione dei segnali e software di registrazione ed elaborazione dei dati.

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome degli sperimentatori e dei presenti;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- descrizione delle sorgenti di vibrazione;
- posizione dei sensori utilizzati;
- criteri e modalità di acquisizione ed elaborazione dei dati;
- risultati ottenuti e confronto con i limiti previsti dalla normativa.

Allegare le foto generali delle posizioni indagate e delle sorgenti di vibrazione.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

5.10 Misura degli effetti delle vibrazioni sul corpo umano

Normativa di riferimento: Normativa UNI 9614

Questo tipo di prova ha lo scopo di misurare le vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti interne o esterne e valutare il disturbo che queste vibrazioni arrecano alle persone all'interno degli edifici stessi. Le vibrazioni possono essere indotte da traffico su gomma e su rotaia, attività industriali e funzionamento di macchinari, attività stradali e di cantiere, attività umane di qualsiasi natura.

La metodologia di indagine si basa sul rilievo delle vibrazioni, con misura tridimensionale, negli ambienti considerati "abitati" scelti sulla base delle reali condizioni di utilizzo degli ambienti da parte degli abitanti.

Condizioni operative

I rilievi vanno eseguiti nelle posizioni normalmente occupate dalle persone, dove gli abitanti percepiscono il maggior disturbo. In base a tali informazioni sarà possibile predisporre un piano delle misurazioni in accordo a quanto definito nella normativa UNI 9614.

Procedura

Posizionare le terne di accelerometri nei punti indicati dalla normativa, solitamente sul pavimento, evitando le superfici che manifestano scarsa aderenza con le strutture, ad esempio piastrelle poco aderenti al massetto, tappeti o moquette, utilizzando

adeguate modalità di fissaggio che devono garantire la perfetta aderenza alla struttura. In alternativa possono essere installati su elementi strutturali che sono in diretto contatto con il corpo umano durante l'attività normale all'interno dell'ambiente o superfici di appoggio per mobili utilizzati per il riposo.

Sono da escludere dal rilievo gli ambienti considerati "non abitati" quali ripostigli, servizi igienici, cantine, corridoi ecc.

Procedere all'acquisizione dei dati, la frequenza di campionamento non deve essere inferiore a 1.500 Hz.

Elaborare i dati derivanti dalle acquisizioni secondo i criteri indicati nella UNI 9614 e confrontarli con i valori limite di riferimento.

Apparecchiatura

Le caratteristiche del sistema di misura (accelerometri + sistema di acquisizione ed elaborazione del segnale) devono soddisfare i seguenti requisiti:

- sensibilità nominale non minore di 10 mv (m/s^2)
- risposta in frequenza lineare con tolleranza $\pm 5\%$ da 0,5 Hz a 250 Hz
- campionamento $\geq 1.500Hz$

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome degli sperimentatori e dei presenti;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- descrizione delle sorgenti di vibrazione;
- posizione dei sensori utilizzati;
- criteri e modalità di acquisizione ed elaborazione dei dati;
- risultati ottenuti e confronto con i limiti previsti dalla normativa.

Allegare le foto generali delle posizioni indagate e delle sorgenti di vibrazione.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

5.11 Misura delle accelerazioni subite dal corpo umano nel percorso di una giostra

Normativa di riferimento: Normativa UNI 13814-1 - UNI ISO 2631-1

Lo scopo dell'indagine è di rilevare le componenti dinamiche spaziali prodotte sugli utenti della giostra e verificare che i limiti di accelerazione $\pm GZ$ (verticale) in funzione del tempo di applicazione, in presenza di accelerazione simultanea $\pm GY$ (orizzontale), non superino quelli consigliati dalla Norma 13814-1.

La metodologia di indagine si basa sul rilievo delle vibrazioni, mediante una terna accelerometrica montata su androide.

Condizioni operative

I rilievi vanno eseguiti con l'androide posizionato nelle zone normalmente occupate dalle persone, simulando diverse condizioni di carico delle navicelle della giostra in esame. La terna è fissata alla base del collo e rappresenta lo sforzo prodotto dalla testa sulla cervicale.

Procedura

Posizionare l'androide strumentato sulla giostra ed eseguire diversi lanci in condizioni di carico diverse memorizzando i dati.

Elaborare i dati con appositi software seguendo le modalità descritte nella norma UNI ISO 2631-1

Valutare i risultati delle accelerazioni ottenute nel piano verticale, orizzontale ed in combinazione e confrontarle con i limiti di accelerazioni permesse sui passeggeri indicati nella norma UNI 13814-1.

Apparecchiatura

Accelerometri piezoelettrici o tipo MEMS. E' richiesto il rilievo delle vibrazioni sia in direzione verticale sia in due direzioni orizzontali ortogonali. Visto il tipo di rilevamento è consigliabile l'impiego di accelerometri dotati di tecnologia wireless.

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome degli sperimentatori e dei presenti;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- descrizione della posizione dell'androide e delle condizioni di carico;
- posizione dei sensori utilizzati sull'androide;
- criteri e modalità di acquisizione ed elaborazione dei dati;
- risultati ottenuti e confronto con i limiti previsti dalla normativa.

Allegare le foto generali delle posizioni dell'androide e delle condizioni di carico della giostra.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

6. MONITORAGGI

6.1 Movimento delle fessurazioni con sistema multicanale in linea

Lo scopo del monitoraggio è il controllo costante dell'andamento delle fessure nel tempo. Le misure sono effettuate con sensori potenziometrici centesimali posti a cavallo delle fessure. Sono associabili anche a sensori di rotazione, di vibrazione, di spostamento relativo, di movimento verticale assoluto, di forza, di livello della falda, di temperatura dell'ambiente e di temperatura del materiale. Il monitoraggio vuole esercitare un'opera di prevenzione allo scopo di limitare gli interventi postumi mantenendo intatto il grado di sicurezza dell'opera e la continuità del servizio. Il sistema di monitoraggio consiste in un'unità di acquisizione computerizzata che controlla e gestisce una serie di sensori collegati via cavo o in forma wireless. L'unità remota memorizza i dati a tempi programmati ed è collegata telematicamente ad un centro servizi accessibile dagli utenti abilitati. Allarma automaticamente, al superamento di soglie prefissate, inviando sms e/o e-mail e/o accendendo spie luminose o acustiche. Collegandosi in linea, tramite un software dedicato, si può procedere a una verifica del perfetto funzionamento di tutti gli strumenti e si può procedere al trasferimento dei dati al proprio supporto informatico. La procedura di trasferimento dei dati deve essere programmabile con cadenze almeno settimanali. Semestralmente è necessaria una verifica manutentiva sul sito. I sistemi di acquisizione vanno collegati alla linea elettrica o a celle fotovoltaiche.

Condizioni operative

I rilievi per la determinazione di eventuali cinematismi in atto come, ad esempio per i ponti ad arco, vanno eseguiti per almeno 2 anni, per comprendere l'effetto che ha la temperatura sull'apertura / chiusura delle fessure.

Procedura

Posizionare i sensori potenziometrici sulle fessure da monitorare e collegarli al data logger. Verificare il collegamento tra il Datalogger e la centralina collegandosi con il software dedicato, rilevare i valori assoluti e verificare che i sensori siano in campo. Eseguire l'azzeramento dei sensori dal software dedicato. Scegliere una cadenza di trasferimento dati congrua al fenomeno che si vuole monitorare.

Apparecchiatura

Potenziometri centesimali, Datalogger, centralina ed eventuali celle fotovoltaiche. Visto il tipo di rilevamento è consigliabile l'impiego di sensori dotati di tecnologia wireless.

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- descrizione della struttura;
- nome degli operatori;
- data di esecuzione;
- individuazione grafica della posizione dei sensori a monitoraggio e loro individuazione numerica;
- caratteristiche tecniche principali delle apparecchiature utilizzate;
- descrizione degli strumenti installati;
- descrizione delle prove eseguite e dei risultati ottenuti durante le prove preliminari.

Allegare le foto generali delle posizioni dei sensori.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

6.2 Monitoraggio di cedimenti assoluti con tazze livellometriche

Lo scopo del monitoraggio con livellometri è il controllo costante e a lungo termine di cedimenti differenziati. Sono impiegati degli strumenti, livellometri, collegati tra loro da una conduttura che permette la misura della variazione di pressione rispetto ad un serbatoio posto in una zona non soggetta al cedimento. Va sempre posto almeno un livellometro in una posizione ritenuta "non cedevole" per rilevare i fenomeni termici sul sistema di misura. Se questa condizione non è a distanze accettabili si dovrà procedere con una misura topografica, saltuaria, su un livellometro preso di riferimento. I livellometri hanno al loro interno uno strumento di misura elettronica della pressione del liquido (liquido anticongelante). I livellometri sono associabili a sensori

di rotazione, di vibrazione, di spostamento relativo, di movimento verticale assoluto, di forza, di livello della falda, di temperatura dell'ambiente e di temperatura del materiale.

Il monitoraggio vuole esercitare un'opera di prevenzione allo scopo di limitare gli interventi postumi mantenendo intatto il grado di sicurezza dell'opera e la continuità del servizio.

Il sistema di monitoraggio consiste in un'unità di acquisizione computerizzata che controlla e gestisce una serie di livellometri collegati via cavo o in forma wireless. L'unità remota memorizza i dati a tempi programmati ed è collegata telematicamente ad un centro servizi accessibile dagli utenti abilitati. Allarma automaticamente, al superamento di soglie prefissate, inviando e-mail e/o accendendo spie luminose o acustiche. Collegandosi in linea, tramite un software dedicato, si può procedere a una verifica del perfetto funzionamento di tutti gli strumenti e si può procedere al trasferimento dei dati al proprio supporto informatico. La procedura di trasferimento dei dati deve essere programmabile con cadenze almeno settimanali. Semestralmente è necessaria una verifica manutentiva sul sito. I sistemi di acquisizione vanno collegati alla linea elettrica o a celle fotovoltaiche.

Condizioni operative

I rilievi vanno eseguiti per almeno 2 anni.

Procedura

Posizionare i livellometri sugli elementi da monitorare e collegarli al Datalogger. Verificare il collegamento tra il datalogger e la centralina collegandosi con il software dedicato, rilevare i valori assoluti e verificare che i sensori siano in campo. Eseguire l'azzeramento dei sensori dal software dedicato. Scegliere una cadenza di trasferimento dati congrua al fenomeno che si vuole monitorare.

Apparecchiatura

Livellometri, Datalogger, centralina ed eventuali celle fotovoltaiche. Visto il tipo di rilevamento è consigliabile l'impiego di sensori dotati di tecnologia wireless.

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- descrizione della struttura;
- nome degli operatori;
- data di esecuzione;
- individuazione grafica della posizione dei sensori a monitoraggio e loro individuazione numerica;
- caratteristiche tecniche principali delle apparecchiature utilizzate;
- descrizione degli strumenti installati;
- descrizione delle prove eseguite e dei risultati ottenuti durante le prove preliminari.

Allegare le foto generali delle posizioni dei sensori.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

6.3 Monitoraggio di ponti a travi precomprese

Il monitoraggio delle travi da ponte precomprese ha lo scopo di verificare costantemente lo stato di precompressione delle travi nelle zone di maggior sollecitazione. Lo scopo è di rilevare l'eventuale riduzione della precompressione a causa del degrado della struttura ed in particolare della corrosione delle armature (o cavi) tese o per il fenomeno di rilassamento dovuto alle molteplici sollecitazioni dinamiche.

Condizioni operative

La misura della precompressione avviene attraverso il monitoraggio della deformazione relativa attuato attraverso l'applicazione, nelle zone di massima sollecitazione, di estensimetri (strain gauges) in grado di rilevare variazioni nell'ordine di $\pm 0,2 \mu\epsilon$.

I valori letti vanno confrontati con la misura della deformazione relativa "attuale" delle travi sotto monitoraggio, prodotti dalle condizioni di compressione delle armature o dei cavi pretesi. Condizione di compressione rilevata con l'esecuzione preventiva della prova di Rilascio tensionale con provino tronco piramidale come da par. 1.14.

Il valore della sollecitazione misurata va calcolato attraverso la stima sperimentale del Modulo elastico ottenuto dai valori di Resistenza meccanica determinati attraverso le prove di Pull-out, par. 1.2, con prove eseguite in prossimità dei punti di monitoraggio.

Nella fase di installazione va eseguita una prova di carico, anche a carico ridotto ma ben distribuito, per consentire la determinazione della correlazione sperimentale tra deformazione relativa e freccia in mezzzeria. La correlazione permetterà di monitorare contemporaneamente anche la deformazione verticale, freccia.

Procedura

Individuati i punti di misura della deformazione relativa, generalmente nella zona di mezzzeria delle travi, dovranno essere preparati per consentire il perfetto incollaggio degli estensimetri. Vanno monitorate, nel caso di numerose travi, almeno tre sezioni di mezzzeria, generalmente la trave di bordo, la trave mediana, la trave intermedia tra le prime due.

Oltre alla misura della deformazione relativa va rilevata la temperatura del materiale attraverso una sonda termica inserita in un foro della trave in prossimità della posizione di installazione dell'estensimetro.

Il valore di riferimento "attuale" della deformazione relativa sarà individuato attraverso una prova di Rilascio tensionale con provino tronco piramidale.

Eseguita l'installazione va eseguita una prova di carico, anche a carico ridotto ma distribuito, per determinare la correlazione tra deformazione relativa e freccia.

I valori letti attraverso i Datalogger di alimentazione dei sensori saranno trasmessi alla Centralina di acquisizione dati collegata in remoto con la sede di elaborazione.

L'acquisizione dei dati sarà attivata con un minimo di 1 dato ogni ora, e sarà intensificata con un minimo di 1 dato ogni minuto per almeno 1 ora/giorno a cavallo del flesso notturno dell'andamento della temperatura. I dati così rilevati saranno elaborati con algoritmo in grado di individuare la deformazione "statica" non influenzata dall'eventuale transito dei mezzi.

Il sistema dovrà provvedere automaticamente al trasferimento remoto dei dati con una successiva elaborazione in modo da fornire 1 solo dato/trave giornaliero depurato dagli effetti termici e dinamici, consentendo una valutazione della linea di tendenza della precompressione residua. Il sistema dovrà consentire di predisporre l'invio di una comunicazione automatica (sms, e-mail...) al superamento di soglie prefissate.

La procedura esecutiva deve prevedere quanto a seguito.

- Individuazione dei punti di misura e preparazione della superficie di incollaggio degli estensimetri mediante smerigliatrice, successiva sgrassatura con solvente per calcestruzzo e preparazione della superficie apposito gel di miglioramento dell'aderenza.
- Incollaggio, mediante colla cianoacrilica, di estensimetri da 120 Ohm di lunghezza 90 mm, con direzione in linea con la tensione di rilevamento.
- Protezione degli estensimetri attraverso una pellicola di alluminio rivestita di stucco plasmabile adesivo.
- Installazione della/e sonda termica/e.
- Collegamento degli estensimetri e delle sonde termiche con il Datalogger.
- Esecuzione di una prova di Rilascio tensionale con provino tronco piramidale, par. 1.14.
- Esecuzione di una prova di Pull out, par. 1.2, in prossimità del punto di monitoraggio.
- Esecuzione di una prova di carico distribuito (più mezzi leggeri) con rilievo della freccia in mezzzeria e contemporanea misura della deformazione relativa dagli estensimetri posti a monitoraggio.
- Verifica della trasmissione dati in remoto e attivazione delle soglie di allarme.

Apparecchiatura

Estensimetri (strain gauge), 120 Ohm, 90 mm.

Sonda termica a cilindro, PT 100.

Datalogger wireless a batteria (durata minimo 1 anno) per alimentazione e gestione dati sensori estensimetrici e sonde termiche

Centralina di acquisizione dati con funzionamento a celle fotovoltaiche e trasmissione dati in remoto.

Software di gestione della Centralina e dei Datalogger, con elaborazione dei dati per la depurazione degli effetti termici e di deformazione dinamica al transito dei mezzi; gestione degli allarmi.

Resoconto di installazione

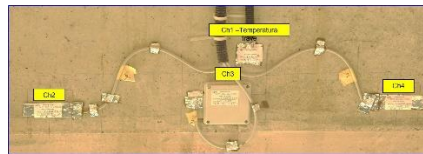
Il resoconto dell'installazione del monitoraggio deve includere:

- descrizione della struttura;

- nome degli operatori;
- data di esecuzione;
- individuazione grafica della posizione dei sensori a monitoraggio e loro individuazione numerica;
- caratteristiche tecniche principali delle apparecchiature utilizzate;
- descrizione degli strumenti installati;
- descrizione delle prove eseguite e dei risultati ottenuti durante le prove preliminari.

Allegare le foto dei singoli sensori e delle apparecchiature lasciate a monitoraggio.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.



6.4 Monitoraggio vibrazionale

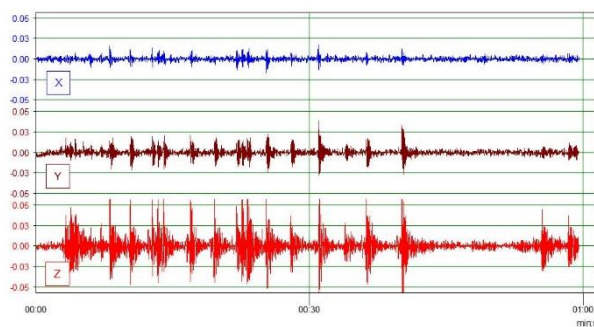
Il monitoraggio vibrazionale di un edificio è attuato attraverso l'installazione di un Datalogger autonomo ("Scatola nera") composto da una terna di accelerometri posti in un contenitore stagno IP65.

L'evento vibrazionale, in termini di accelerazioni, viene acquisito dalla strumentazione installata sull'edificio al superamento di un valore di soglia e per un tempo prefissato.

I dati acquisiti sono elaborati per valutare la pericolosità delle accelerazioni sul fabbricato o sulle persone subite durante un particolare evento.

Il Datalogger strumentato è autonomo sotto il profilo gestionale dei dati ed è alimentato da una batteria o dalla rete con una batteria tampone.

Il Datalogger porta una uscita USB che permette la gestione dello scansionamento dei dati, lo scaricamento dei dati acquisiti, la predisposizione delle soglie di acquisizione ed il tempo di acquisizione al superamento della soglia.



7. PROVE SU PALI DI FONDAZIONE E SU TERRENI

7.1 Prova di carico statica

La prova di carico su pali si esegue per determinare la capacità portante di un palo singolo. Sebbene possa essere dedotta per via analitica è tuttavia necessario avere informazioni effettive sul comportamento del palo in sito. Per ottenere la portata di una palificata è comunque necessaria un'extrapolazione in quanto la prova di carico può essere condotta su un palo singolo.

Le prove possono essere eseguite con due finalità distinte: prove pilota di progetto e prove di collaudo.

Le prove pilota sono test su pali appositamente costruiti in condizioni geotecniche quanto più prossime possibile a quelle di realizzazione dei pali dell'opera e servono al progettista a verificare la reale capacità portante e dovrebbero essere condotte fino all'infissione del palo (generalmente 2,5 volte l'azione di progetto). Le prove di collaudo sono quelle previste dalla norma e si spingono ad un carico assiale pari a 1,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE (rara). La prova consiste nell'applicare un carico progressivo mediante martinetti appositi sulla testa del palo opportunamente attrezzata solitamente con un dado e comunque livellata. La misura del carico applicato può essere effettuata con un manometro di precisione o una cella di carico. Solitamente la prova di collaudo è condotta mediante due cicli di carico. Il primo dovrà raggiungere il carico di progetto, mentre il secondo il carico di prova.

Le deformazioni vanno misurate da appositi strumenti in numero di almeno 3 posti a 120° tra loro e vanno letti preferibilmente da centralina di acquisizione che potrà essere impostata anche per letture automatizzate. Gli strumenti vanno collocati su apposito castelletto del tutto indipendente dal palo in prova e dal sistema di contrasto in modo da non risentire delle deformazioni del terreno nell'area circostante il palo in prova.

Il numero e l'ubicazione delle prove di verifica devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione. La norma prevede un numero minimo dipendente dal numero totale dei pali realizzati nell'intervento.

Condizioni operative

Deve essere predisposto il palo di prova costruendo un dado in cls armato in modo da trasmettere il carico al palo e comunque la testa di quest'ultimo deve essere livellata; va inoltre costruito il contrasto che dovrà essere adeguato al carico da applicare. Può essere realizzato mediante una zavorra oppure mediante una struttura di contrasto solitamente ancorata a pali adiacenti che saranno quindi sottoposti a trazione. I pali di contrasto devono essere distanti almeno 3 volte il diametro del palo in prova. Deve essere inoltre costruito un castelletto per il collocamento dei comparatori in modo che non siano influenzati dal carico; tale struttura sarà quindi appoggiata al terreno ad una idonea distanza sia dal palo in prova che dal contrasto. L'apparato dovrà essere protetto dagli agenti atmosferici.

Procedura

Collocare il martinetto o i martinetti sul dado in corrispondenza del contrasto curando la perfetta coassialità della spinta con il palo da provare.

Collocare i comparatori in modo che misurino il cedimento del palo rispetto al castelletto realizzato. Eseguire un ciclo di prova con carico pari a $\square$ 1/10 del carico di prova per verificare il funzionamento complessivo dell'apparato.

Iniziare il 1° ciclo con gradini di carico pari massimo almeno a 1/4 del carico previsto.

Passare al gradino successivo alla stabilizzazione dei cedimenti e comunque quando il cedimento è $< 0,1$ mm nell'intervallo di 30 minuti.

Apparecchiatura

Centralina oleodinamica per applicazione del carico tramite appositi martinetti con lettura pressione tramite manometro di precisione 0 – 600 Bar o in alternativa cella di carico da pali da porre in asse e sovrastante al martinetto; Trasduttori di spostamento collegati via cavo all'acquisitore dati; Acquisitore collegato a PC con lettura dati in tempo reale e memorizzazione manuale ed automatica (i valori dovranno essere memorizzati contestualmente al carico e all'orario di lettura);

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere: scarpe antinfortunistiche, casco e guanti e, svolgendosi tali misure frequentemente in campo aperto, anche il giubbino di alta visibilità.

Durante l'esecuzione della prova è vietato accedere in prossimità dell'apparato di prova (martinetti, palo, contrasto) in quanto eventuali possibili rotture, soprattutto del sistema di contrasto, potrebbero proiettare frammenti in prossimità di esso.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome degli sperimentatori e dei presenti;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- caratteristiche del palo in prova (diametro $\varnothing$ e lunghezza di progetto);
- identificazione inequivocabile del palo in prova (preferibilmente su planimetria fornita);
- temperatura inizio e fine prova;
- valori rilevati sottoforma di tabella e grafici; in particolare vanno forniti diagramma carico – tempo, tempo – cedimenti e carico – cedimenti;

Allegare le foto del palo in prova e dell'apparato di contrasto.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

Normativa di riferimento

NTC 2018 e circolare applicativa

AGI, 1984; UNI EN 1997-1

7.2 Prova di carico dinamica – Metodo Case

La prova consiste nell'applicazione di un carico dinamico con una forza assiale fino al raggiungimento di 1,5 volte l'azione di progetto (o 2,5 volte per pali pilota o di progetto). La determinazione della portata statica assiale allo stato ultimo avviene mediante la conoscenza dell'andamento di forza e velocità durante la fase deformativa del palo provocata dalla sollecitazione generata da una massa in caduta libera. I valori di carico applicato e della velocità di deformazione avvengono attraverso il rilievo dell'andamento della deformazione relativa e dell'accelerazione indotta sulla testa del palo.

La sollecitazione viene prodotta tramite una massa in caduta libera di peso superiore al 1% del carico di progetto e deve essere gestita da un sistema meccanico o oleodinamico che garantisca la perfetta assialità della massa con l'asse del palo.

La massa di caduta deve essere confinata, nel suo percorso di caduta, all'interno di un telaio o tubo che ne garantisca il movimento senza oscillazioni e con un contatto perfettamente uniforme alla superficie di contatto del palo.

La procedura di rilascio della massa dovrà avvenire da una altezza variabile fino ad un massimo di 120 cm.

La massa sarà lasciata cadere sulla testa del palo da diverse altezze, a passi crescenti di 10 o 20 cm, fino al raggiungimento dell'energia necessaria a far entrare in gioco tutte le resistenze del sistema palo-terreno.

La strumentazione prevede 2 coppie di sensori costituite ognuna da estensimetri e accelerometri. Gli strumenti saranno posizionati sulla superficie laterale del palo ad una distanza dalla testa di almeno 1,5 volte il diametro del palo.

Una prima elaborazione, in tempo reale, dovrà fornire: la forza applicata, la deformazione della testa, l'accelerazione della testa. La prima elaborazione dovrà individuare eventuali difetti lungo il palo, che consentano di gestire l'avanzamento della prova fino al raggiungimento del carico voluto.

Il numero di prove di carico statiche di verifica può essere ridotto se sono eseguite prove di carico dinamiche.

Condizioni operative

Il palo va predisposto con un dado di calcestruzzo che garantisca una perfetta superficie di contatto tra massa in caduta e palo. Vanno evitate inclusioni di terreno tra dado e testa del palo (andrebbe a discapito della trasmissione di energia). Il palo va liberato dal terreno per una altezza che permetta agli operatori di installare i sensori ad una distanza dalla testa pari a 1,5 volte il diametro del palo. Vanno predisposte, attraverso scarifica, due superfici piane di circa 20 x 20 cm, diametralmente opposte nella posizione dove andranno fissati i sensori.

Procedura

Fissaggio dei 4 sensori, due accelerometri e due estensimetri, nelle finestre scapitozzate già predisposte.

Posizionamento della massa di caduta sopra il palo interponendo l'apposita stuoia in gomma di contatto.

Sollevamento della massa fino alle altezze di cadute previste.

Esecuzione della prova con altezze via via crescenti fino al raggiungimento del carico previsto.

Apparecchiatura

L'apparecchiatura è composta da:

- 2 accelerometri;
- 2 estensimetri;
- una unità di acquisizione ed elaborazione dati;
- un maglio con autonomia di gestione della caduta della massa che garantisce la perfetta linearità della caduta senza oscillazioni;
- una serie di masse componibili fino al raggiungimento di almeno 1% del carico di progetto.

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere: scarpe antinfortunistiche, casco e guanti e, svolgendosi tali misure frequentemente in campo aperto, anche il giubbino di alta visibilità.

Durante l'esecuzione della prova è necessario cautelarsi che nessuno sia all'interno dell'area di prova per un raggio di almeno 3 metri dal palo.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome degli sperimentatori e dei presenti;
- data e ora della prova;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova (diametro $\varnothing$ e lunghezza di progetto);
- identificazione inequivocabile delle posizioni di carico e misura;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- temperatura ambiente;
- andamento temporale dei valori rilevati sottoforma di tabella e grafico.

Allegare le foto della zona di carico e di misura.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

Normativa di riferimento:

ASTM D4945-08

NTC 17/01/2018

7.3 Prova di Integrità del palo attraverso indagine Cross Hole

L'impiego principale di questa tecnica d'indagine è la verifica dell'integrità dei pali di fondazione, allo scopo di individuare eventuali anomalie lungo il fusto (relative a variazioni repentine di diametro, a inclusioni interne alla gabbia d'armatura o ad interruzioni lungo la sezione).

La prova, descritta nelle UNI EN 12504-4:2021, è eseguita per mezzo di particolari sonde che sono inserite all'interno di tubi posti nelle strutture fondali anche fino a sezioni molto profonde.

Nei pali usualmente i tubi sono 3, disposti a triangolo equilatero mentre per i diaframmi variano da 4 a 6 distanti non più di 1 m. I tubi sono in acciaio o PVC, di diametro di 40 - 50 mm (dipende dal diametro delle sonde utilizzate variabile in base

all'attrezzatura impiegata), e tali che al proprio interno, le sonde possono scorrere liberamente per tutta la loro lunghezza. A tal proposito nel collegamento fra i vari spezzoni di tubo si presti la massima attenzione affinché eventuali ringrossi interni non ostacolino lo scorrere delle sonde.

I tubi vanno preventivamente collegati alla gabbia d'armatura e ad essa vanno legati in modo tale che mantengano, durante la fase di discesa della stessa nel foro, immutata la loro distanza. Tali tubi devono essere otturati al fondo e riempiti con acqua poco prima dell'esecuzione delle misure al fine di creare continuità acustica tra le sonde ed il mezzo che le onde elastiche devono attraversare

I tubi d'ispezione devono fuoriuscire almeno 50 cm dal fusto del palo per consentire un comodo aggancio dei sostegni degli argani utilizzati per calare le sonde.

Verificare che il calcestruzzo abbia almeno una settimana di maturazione; nell'interpretazione dei risultati si tenga presente che le informazioni ottenute si riferiscono al materiale interposto fra i tubi.

Procedura

Le sonde vanno inserite all'interno dei tubi; per mezzo di un sistema ad argani, sono portate a fondo foro e successivamente richiamate verso la superficie avendo cura di verificare continuamente il loro allineamento in quota. Questa verifica è eseguita automaticamente dalle attrezzature esistenti in commercio e l'operatore deve solamente supervisionare che tutto proceda correttamente. Le sonde devono essere calate nei tubi e durante la discesa va verificata la corretta ricezione del segnale effettuando le opportune regolazioni. Prima della risalita è necessario verificare l'allineamento delle sonde al piede del palo.

Durante la risalita verranno eseguite le misure del tempo di volo (tempo necessario perché il segnale emesso dalla sonda Trasmittente venga ricevuto dalla sonda Ricevente) ad esempio una ogni 5 cm di risalita e comunque con un passo adeguato alla lunghezza complessiva del palo/diaframma.

Attraverso questa misura di tempo, conoscendo la distanza tra i tubi, si potrà calcolare la velocità di transito che dipende oltre che dalle caratteristiche fisiche del materiale interposto, anche dalla presenza di difetti quali ad esempio cavità, intrusioni terrose, decadimenti localizzati.

Apparecchiatura

L'apparecchiatura da utilizzare consiste in un generatore d'impulsi elettrici, una coppia di trasduttori, un amplificatore ed un dispositivo elettronico per la misurazione dell'intervallo di tempo che intercorre tra la partenza di un impulso generato dal trasduttore emittente e il suo arrivo al trasduttore ricevente. La presenza di una barra di calibrazione fornisce le linee di riferimento per la misurazione della velocità.

Devono essere disponibili due distinti sistemi di misura dei tempi:

- un oscilloscopio sul quale il primo fronte di impulso è visualizzato in relazione ad una scala di tempo idonea;
- un contatore dei tempi con un display digitale a lettura diretta.

L'apparecchiatura deve essere conforme ai requisiti prestazionali seguenti:

- deve essere in grado di misurare tempi di transito sulla barra di calibrazione fino a uno scostamento limite di $\pm 0,1 \mu s$ e una accuratezza del 2%;
- l'impulso di eccitazione elettronica applicato al trasduttore emittente deve avere un tempo di salita non maggiore di un quarto del suo periodo naturale. Ciò consente di garantire una forte pendenza del fronte d'onda di partenza;
- la frequenza di ripetizione degli impulsi deve essere sufficientemente bassa per assicurare che il fronte del segnale ricevuto sia privo di interferenze da riverberi;
- la frequenza naturale dei trasduttori dovrebbe essere compresa nell'intervallo da 20 kHz a 150 kHz.

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere: scarpe antinfortunistiche, casco e guanti e, svolgendosi tali misure frequentemente in campo aperto, anche il giubbino di alta visibilità.

Durante l'esecuzione della prova è necessario che tutti i cablaggi vengano opportunamente raccolti e segnalati onde evitare il rischio di inciampo; è comunque preferibile che nessuno sia all'interno dell'area d'interesse.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome degli sperimentatori e dei presenti;
- data e ora della prova;

- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova (diametro $\varnothing$ e lunghezza di progetto);
- numero e disposizione dei tubi sonda
- identificazione inequivocabile delle posizioni e misura;
- temperatura ambiente ed assenza o presenza di vento;
- andamento temporale dei valori rilevati sottoforma di tabelle e grafici.

Andranno allegate le foto della zona di intervento e, se disponibili, delle planimetrie con l'ubicazione delle singole prove eseguite.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

Normativa di riferimento

UNI EN 12504-4:2021

ASTM D6760-14

NF P94-160-1

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive. Settembre 2017

7.4 Prova di integrità del palo a bassa energia di impatto, PIT

L'impiego principale di questa tecnica d'indagine è la verifica dell'integrità dei pali di fondazione, allo scopo di individuare eventuali anomalie lungo il fusto (relative a variazioni repentine di diametro, a inclusioni interne alla gabbia d'armatura o ad interruzioni lungo la sezione) e fornire una stima della lunghezza effettiva del palo in opera. Si stima che la profondità di indagine sia pari a 30 – 50 volte il diametro, dipendendo dai terreni attraversati.

L'indagine si esegue sollecitando la testa dell'elemento di fondazione con un martello e registrando l'impulso di risposta attraverso un accelerometro posto in sommità del palo.

Non sono necessarie predisposizioni particolari sui pali al momento della realizzazione, se non un'accurata scapitozzatura e pulizia prima dell'esecuzione delle prove stesse.

Le anomalie riscontrabili sono relative a difetti macroscopici che potrebbero indicare una riduzione della capacità portante del palo oppure relative a una lunghezza rilevata difforme da quella di progetto.

L'individuazione di eventuali difetti di piccola entità presenta maggiori difficoltà ed è legata soprattutto all'esperienza dell'operatore.

Analisi d'integrità e stima della lunghezza del palo: nell'uso comune, i segnali ottenuti vanno analizzati nel dominio dei tempi (PEM).

Si possono genericamente utilizzare le seguenti denominazioni:

SIT (Sonic Integrity Test), PIT (Pile Integrity Test), Prova ecometrica a bassa energia d'impatto, Echo Test, Sonic Test, Integrity Test.

Analisi d'integrità, stima della lunghezza e valutazione qualitativa delle caratteristiche del palo: in questo caso è necessario utilizzare durante la prova un martello strumentato con una cella di carico, che consente di quantificare l'entità dell'impulso applicato al momento della sollecitazione del palo. L'analisi dei segnali viene eseguita anche nel dominio delle frequenze (TRM), eseguendo la Trasformata di Fourier (FFT) del segnale e utilizzando sia i valori di forza ottenuti dall'uso del martello strumentato, che i valori di velocità ottenuti integrando le misure di accelerazione registrate dall'accelerometro.

Condizioni operative

L'esecuzione dell'indagine è possibile dopo almeno 8/10 giorni di maturazione.

Il palo deve essere scapitozzato fino al calcestruzzo consistente e coerente, utilizzando per la finitura un martello demolitore di piccole dimensioni per evitare fessurazioni della testa.

La superficie della testa deve essere asciutta, piana, non regolata con malta ma scabra per l'affiorare degli inerti e pulita con un getto d'aria compressa.

La testa del palo deve essere svincolata da solette, plinti, travi, libera da acqua stagnante e ben accessibile dall'operatore.

Nel caso resti scoperta la gabbia d'armatura, si dovranno eventualmente piegare alcuni ferri per accedere al nucleo del palo.

Nel caso la gabbia d'armatura crei un effetto di risonanza al momento dell'impatto del martello, fenomeno ben visibile sull'acquisitore con un segnale armonico, si dovranno legare le barre d'armatura rendendole solidali e cercando di annullare la vibrazione o semplicemente provare a cambiare il punto d'impatto sulla testa del palo.

Procedura

Scegliere il martello con massa adeguata alla massa del palo da testare.

Testare con il martello la testa del palo per verificare se ci sono zone incoerenti, distaccate, fessurate o di calcestruzzo non buono.

Preparare l'accelerometro con l'accoppiante.

Impostare i parametri di input sull'acquisitore, collegare l'accelerometro ed eventualmente il martello strumentato (per prova di Ammettenza Meccanica).

Posizionare l'accelerometro ed eseguire la serie di battute fino al completamento dell'acquisizione (con un minimo di tre battute).

Verificare a display se l'acquisizione è valida ed il segnale ben leggibile. In caso contrario ripetere la prova spostando sia l'accelerometro sia il punto d'impatto del martello.

Ripetere più volte l'acquisizione nel caso ci siano dubbi sulla validità del segnale acquisito o dubbi sull'integrità del palo.

Apparecchiatura

Unità di acquisizione.

Accelerometro cablato o wireless.

Materiale accoppiante per l'accelerometro.

Serie di martelli semplici di almeno tre masse differenti.

Serie di martelli strumentati, cablati o wireless.

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere: scarpe antinfortunistiche, casco e guanti e, svolgendosi tali misure frequentemente in campo aperto, anche il giubbino di alta visibilità.

Nel caso non si sia liberata fino a quota campagna tutta la palificata, assicurarsi che lo scavo di ogni singolo palo soggetto a verifica consenta l'accesso dello sperimentatore in sicurezza rispetto a possibili crolli di terreno.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome degli sperimentatori e dei presenti;
- data della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- tipologia, caratteristiche geometriche e meccaniche degli elementi in prova;
- richiamo alla relazione geologica e geotecnica con la stratigrafia del terreno;
- identificazione inequivocabile in planimetria dei pali indagati;
- n. 3 grafici coerenti di ogni acquisizione relativa agli elementi indagati;
- tabella riassuntiva di tutte le indagini effettuate con i risultati essenziali;
- commento tecnico finale.

Allegare le foto della zona di prova e di un'indagine tipo.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

Normativa di riferimento

7.5 Prova di integrità del palo con monitoraggio termico, metodo TIP

Riferimento normativo: ASTM Standard D7949-14 - "Standard Test Methods for Thermal Integrity Profiling of Concrete Deep Foundations"

Il metodo TIP, dall'acronimo Thermal Integrity Profiling, si basa sulla rilevazione dell'andamento della diffusione del calore di idratazione durante la fase di presa del calcestruzzo. La misura viene effettuata attraverso dei cavi termici (con sensori ogni 30 cm) fissati lungo la gabbia di armatura. I sensori rilevano il calore generato dall'idratazione del calcestruzzo e la relativa diffusione verso il terreno. I dati, memorizzati ogni 15 minuti, sono trasmessi ad una unità di acquisizione posta sulla testata della gabbia. Lo scopo rimane quello di individuare eventuali difetti (vespai, vuoti, sbulbamenti, restringimenti) oltre a definire con precisione la posizione della gabbia rispetto all'asse del palo. La metodologia permette una visione integrale, tridimensionale, del palo ed evidenzia tutti i difetti di miscela o getto in particolare sulla parte corticale. I dati acquisiti saranno elaborati con un software specifico che permette un'analisi attenta, sezione per sezione, con l'individuazione di eventuali difetti.

Condizioni operative

Il cavo termico è costituito da un filo elettrico intervallato da sonde termiche che sono posizionate ogni 30-50 cm. Va installato sulla gabbia d'armatura e fissato con apposite fascette. Le fascette vanno poste prima e dopo la singola sonda. Il cavo va fissato lungo la barra verticale e disposto lateralmente.

Vanno posizionati 2 cavi per pali di piccolo diametro 20-30 cm; 3 cavi per diametri tra i 30 e 50 cm; fino a 12 cavi per diametri che arrivano a 2 m.

Procedura

Applicare i cavi termici lungo tutta la lunghezza della gabbia. Monitorare l'andamento della temperatura durante la fase di presa del calcestruzzo, generalmente ogni 15 minuti, e per la durata di 48-72 ore, attraverso l'installazione sulla testa del palo di unità di memorizzazione, TAP, collegate direttamente ai singoli cavi. Alla fine del periodo di memorizzazione trasferire i dati sull'Unità Principale di Acquisizione, TIP Main Unit.

Elaborare i dati con lo specifico software (TIP Recorder Software) ottenendo una rappresentazione del profilo tridimensionale del palo con evidenza degli eventuali difetti riscontrati.

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere: scarpe antinfortunistiche, casco e guanti.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome degli sperimentatori e dei presenti;
- data e ora della prova;
- tipologia del terreno circostante;
- caratteristiche geometriche dell'elemento in prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- risultati della elaborazione.

Allegare le foto dell'elemento in prova dopo l'installazione dei cavi.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

7.6 Prova di carico su piastra

La prova su piastra consente una valutazione dello stato di compattazione del terreno. E' prevista l'effettuazione di due cicli di carico: il primo per la determinazione del modulo di deformazione (M_d) calcolato in corrispondenza di un incremento di carico Δp di 0,10 N/mm², il secondo per la determinazione del grado di costipamento attraverso il rapporto $M_d/M'_d (\leq 1)$ dove M'_d è il modulo di deformazione calcolato nel secondo ciclo.

Il modulo di deformazione (M_d) è la misura convenzionale della capacità portante di una superficie, sia essa sottofondo, strato di fondazione o strato di base espresso in N/mm². La norma CNR B.U. n.92 -1983 indica la procedura per la determinazione del modulo di reazione "K" dei sottofondi con piastra da 760 mm.

Condizioni operative

Preparare la superficie della zona da testare eliminando eventuali irregolarità superficiali mediante un sottile strato di sabbia di circa $1 \div 5$ mm.

Predisporre un contrasto fisso (ad es. la parte posteriore di un autocarro carico di terra) pari ad un carico almeno doppio di quello massimo esercitato sulla piastra.

Procedura

Posizionare la piastra (da Ø300 o Ø600 o Ø760 mm) sulla superficie dello strato di prova verificando che appoggi interamente sulla superficie e che sia in posizione orizzontale.

Predisporre il martinetto idraulico con snodo sferico posizionandolo al centro della piastra e portandolo a contatto con il contrasto; se necessario si possono usare delle prolunghie.

La misura del cedimento può essere effettuata in due modi: con la Procedura A mediante 1 sensore centesimale o con la Procedura B usando 3 sensori centesimali.

Il braccio del sensore viene a sua volta fissato alla barra di riferimento i cui appoggi devono distare dai bordi delle aree caricate (piastra e ruote o altro supporto del contrasto) non meno di 1 m per la piastra e di 0,50 m per le ruote. Il complesso di misura dei cedimenti (trave, braccio, sensore) deve essere riparato dai raggi diretti del sole, da scosse e da vibrazioni. Occorre evitare, inoltre, qualsiasi circolazione veicolare in prossimità del posto di misura.

Predisporre la barra di riferimento su cui sono installati nel caso della Procedura B i 3 sensori centesimali posti a 120° sul perimetro della piastra (a circa 5 mm dal bordo), mentre per la Procedura A il sensore posto centralmente alla piastra mediante struttura apposita.

Indipendentemente dalla procedura adottata, si libera la cerniera sferica e si applica, agendo sul martinetto, un carico complessivo di assetto di $0,02 \text{ N/mm}^2$ (è compreso il carico dell'apparecchiatura gravante sulla superficie da provare e non misurata dal dinamometro).

Si attende che i cedimenti si siano esauriti (ossia quando la differenza di due letture consecutive del comparatore effettuate con intervallo di 1 minuto, in relazione alle deformazioni sotto carico o allo scarico, sia di $\pm 0,02$ mm) e si azzerano i comparatori.

Si porta il carico al valore di $0,05 \text{ N/mm}^2$ e si effettua una prima lettura del comparatore (in caso di procedura A) o dei tre comparatori (in caso di procedura B), determinando in quest'ultimo caso la media dei tre cedimenti letti.

Vengono quindi applicati i seguenti incrementi di carico, effettuando ogni minuto le corrispondenti letture al/ai comparatore/i fino alla stabilizzazione dei cedimenti.

Primo ciclo: per i terreni di sottofondo e per gli strati di rilevato gli incrementi di carico di $0,05 \text{ N/mm}^2$ fino a raggiungere la pressione di $0,20 \text{ N/mm}^2$; per gli strati di fondazione e di base: incrementi di carico di $0,10 \text{ N/mm}^2$ fino a raggiungere rispettivamente la pressione di $0,35$ e $0,45 \text{ N/mm}^2$.

Si effettuano le letture dei cedimenti ad ogni incremento di carico; letto il cedimento relativo al carico massimo si effettua lo scarico completo, se interessa determinare solo il modulo M_d . Qualora occorra determinare anche il modulo M'_d (al fine di giudicare la qualità del costipamento) al termine del primo ciclo di carico si effettua lo scarico fino alla pressione di $0,05 \text{ N/mm}^2$ e si rileva, dopo la stabilizzazione della deformazione, il cedimento residuo. Partendo da queste condizioni, si inizia il secondo ciclo di carico, applicando gli incrementi di carico indicati in seguito.

Secondo ciclo: per i terreni di sottofondo e per gli strati di rilevato gli incrementi di carico di $0,05 \text{ N/mm}^2$ fino a raggiungere la pressione di $0,15 \text{ N/mm}^2$; per strati di fondazione e per strati di base gli incrementi di carico di $0,10 \text{ N/mm}^2$ fino a raggiungere rispettivamente la pressione di $0,25$ e $0,35 \text{ N/mm}^2$.

Si misura la temperatura dell'aria più volte nel corso della prova per accertare che essa non abbia subito variazioni sensibili.

Eseguita la prova, si rimuove l'apparecchiatura e si effettua un prelievo di materiale in prossimità del punto di misura per stabilire l'umidità (CNR-UNI 10008) dello strato. Il prelievo deve interessare uno spessore di almeno 15 cm.

Qualora si eseguano prove su un sottofondo la cui struttura non è nota, si dovrà eseguire uno scavo nel terreno fino alla profondità di circa 50 cm, onde rilevare la stratigrafia del terreno e controllare che sotto la piastra non vi siano ciottoli o blocchi di dimensioni maggiori a $1/3$ del diametro della piastra. In tale eventualità la prova non è da considerarsi significativa e deve essere ripetuta in un altro posto opportunamente scelto.

Nel caso di prove eseguite su strati di fondazione o di base si dovrà aver cura che la dimensione massima dell'aggregato in corrispondenza della zona provata non superi $1/3$ del diametro della piastra.

Apparecchiatura

Piastra d'acciaio di spessore non minore di 20 mm e diametro eguale a $\varnothing 300 \pm 1$ oppure $\varnothing 600 \pm 1$ o $\varnothing 760 \pm 1$ mm.

Martinetto idraulico comandato da pompa manuale o elettrica.

Manometro di classe 1 per la lettura delle pressioni o trasduttore di pressione con apposita centralina di acquisizione e lettura.

Sensori centesimali meccanici o preferibilmente sensori elettronici.

Eventualmente un'unità di acquisizione e memorizzazione dei dati.

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome degli sperimentatori;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- identificazione della posizione di prova;
- temperatura ambiente;
- contenuto d'acqua del terreno;
- tipo di terreno;
- tabella dei risultati in forma tabellare e grafica;
- allegare immagini del sito e della prova.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

Normativa di riferimento:

CNR B.U. n. 146-1992 - SN 670317°

CNR B.U. n.92 -1983

7.7 Prova con piastra dinamica (LWD - Light Weight Deflectometer)

La prova su terreni eseguita con piastra dinamica consente una valutazione rapida dello stato di compattazione dei terreni da rullare.

Il metodo non sostituisce la prova di carico statica prevista nella normativa, ma consente di essere eseguita senza contrasto e rapidamente per permettere il monitoraggio delle operazioni di compattamento garantendo la qualità del risultato. La prova di carico dinamica su piastra, si presta molto bene all'esecuzione di test in aree di limitato accesso come trincee, pozzetti o riempimenti. Le prove permettono di verificare rapidamente i terreni non sufficientemente compattati. Se infatti le 3 prove previste nello stesso punto determinano delle curve cedimento-tempo molto distanziate tra di loro, significa che il terreno ha uno stato di compattazione insufficiente.

Dai risultati della prova dinamica, che determinano un modulo elastico dinamico E_{vd} , è possibile ricavare il modulo statico E_v attraverso le formule di normativa.

Condizioni operative

Predisporre la zona di prova procedendo alla livellazione tramite una semplice cazzuola.

Procedura

Si dispone la piastra sulla superficie dello strato di cui si vuol determinare il modulo di deformazione, curando che il contatto sia il più completo possibile; le eventuali irregolarità superficiali verranno livellate a mezzo di un sottile strato di sabbia o altro materiale incoerente, tutto passante al setaccio da 2 mm.

Inserire il cavo ed accendere la centralina.

Eseguire prima 3 colpi di assestamento e poi 3 misurazioni come indicato dalla centralina.

Sul display vengono visualizzati i dati delle misurazioni, le 3 curve di deflessione e il modulo E_{vd} .

Dopodiché si può stampare uno scontrino della prova.

Apparecchiatura

Piastra circolare in acciaio di spessore di 20 mm e del diametro di 300 ± 1 mm, dotata di accelerometro;

Dispositivo di carico con massa battente da 10 kg (o 15 kg) e impugnatura ergonomica;

Centralina elettronica di memorizzazione ed elaborazione dati;

Cavo di collegamento centralina/piastra;

Sabbia, Cazzuola.

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome dello sperimentatore;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- identificazione della posizione di prova;
- temperatura ambiente;
- tabella dei risultati.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

Normativa di riferimento

RVS 08.03.04 (Austria)

TP BF-StB sezione B 8.3 (Germania)

7.8 Caratterizzazione sismica dei terreni con il metodo MASW

Il metodo di analisi MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) si basa sull'analisi delle velocità delle onde di superficie in funzione della loro lunghezza d'onda (curve di dispersione) e permette di ricostruire l'andamento delle velocità di propagazione delle onde S nel sottosuolo. La prova MASW produce un modello sismo-stratigrafico del terreno del sottosuolo come specificato nel D.M. 17/01/2018. La prova MASW è fra le indagini geofisiche più utilizzate ai fini della determinazione della categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC2018.

Condizioni operative

Determinazione di uno spazio libero su terreno preferibilmente naturale e compatto con eventuale pulizia da arbusti ed erbacce per facilitare le operazioni di acquisizione.

Procedura

Nel caso di sismografo multicanale, si posizionano i geofoni ad una distanza tipica di 3 m (eventualmente maggiori su terreni rigidi e minori su terreni poco compatti).

Nel caso di operazione con singola stazione e trigger mobile, si accoppia la stazione sismica al terreno mediante appositi piedini e si trasla il sistema di trigger (e quindi le energizzazioni) a diverse distanze (tipicamente con passo di 3 m o maggiore su terreni rigidi, o minore su terreni poco compatti). Si predispone la memorizzazione dei dati con una frequenza di campionamento di 512 o 1024 Hz e si procede con le energizzazioni minime necessarie mediante mazza o caduta di altro grave. La procedura va ripetuta due volte: con tiro diretto e inverso nel caso di sismografo multicanale; in allontanamento dalla stazione di acquisizione ed in avvicinamento nel caso di stazione singola con sistema di trigger.

Alla fine delle prove verificare che gli strumenti abbiano realmente acquisito i dati trasferendoli per una prima visualizzazione in un computer.

Effettuare la foto del terreno e di tutti gli strumenti utilizzati.

Apparecchiatura

Un Tromografo digitale Microsismic 7.0, costituito da 1 terna accelerometrica e 1 terna velocimetrica. Le caratteristiche dei sensori sono: fondo scala accelerometri: ± 2 g nella banda 0.5 Hz-1600 Hz per gli assi X e Y e 0.5 Hz- 550 Hz per l'asse Z; densità di potenza spettrale del rumore è 280 $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms per gli assi X e Y e 350 $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms per l'asse Z.

Un cavo trigger (o trigger radio) con apposito avvolgicavo e connettore specifico per geofono.

Un geofono con opportuno puntale per l'infissione a terra dello stesso.

Sicurezza

Tutte le normali dotazioni di sicurezza di cantiere.

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve includere:

- nome degli sperimentatori e dei presenti;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- schema planimetrico del terreno e sua posizione rispetto ad una struttura di riferimento;
- identificazione delle posizioni degli strumenti;
- esemplificazione dell'analisi dei dati, ricostruzione della curva di dispersione delle velocità e dei rapporti spettrali H/V sperimentali, sovrapposizione con le rispettive curve teoriche;
- ricostruzione del profilo del terreno ed indicazione della V_s corrispondente;
- valutazione della categoria del sottosuolo.

Allegare le foto del terreno e delle strumentazioni utilizzate.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

VALUTAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE DEI PONTI
VALUTAZIONE DEL TRANSITO DEI CARICHI ECCEZIONALI

Premessa

Il recente sviluppo della tecnologia sperimentale permette di ottenere la caratterizzazione dinamica di un edificio senza l'ausilio di forzanti. Questo enorme passo avanti è stato ottenuto con lo sviluppo di particolari terne di sensori, in abbinamento tra accelerometri e velocimetri, con una sensibilità tale da percepire le vibrazioni indotte dal rumore sismico di fondo, detto microtremore.

Lo scopo della caratterizzazione dinamica è quello di individuare sperimentalmente le frequenze e le forme modali di una struttura. I parametri dinamici, essendo legati a tutti gli elementi geometrici e meccanici, sono un supporto fondamentale per la calibrazione dei modelli numerici e rappresentano un valido strumento di controllo nel tempo dell'eventuale variazione delle condizioni generali.

Va considerato che il modello numerico di una struttura è realizzato attraverso delle ipotesi teoriche estremamente difficili da valutare, come rigidezze, moduli di elasticità dei materiali, gradi di vincolo. Valori che devono essere introdotti in maniera tale da realizzare teoricamente una struttura aderente al comportamento reale.

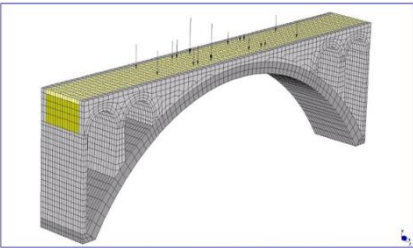
La calibrazione del modello si ottiene attraverso la variazione dei parametri di input in modo tale che la risposta teorica, statica e/o dinamica, abbia corrispondenza coi parametri ottenuti dalla sperimentazione.

Sul modello calibrato, rappresentativo della struttura reale, si potranno effettuare tutte le simulazioni utili, in particolar modo quelle sismiche, per valutare il comportamento nella condizione di sollecitazione estrema. Queste simulazioni permetteranno di individuare gli elementi strutturali che si presentano carenti, permettendo così un intervento di adeguamento estremamente mirato.

Il risultato sarà una progettazione che ottiene il migliore risultato al minor costo, limitando anche i disagi che un intervento edilizio comporta agli utilizzatori. Inoltre, permetterà, ripetendo la caratterizzazione dopo l'esecuzione dei lavori, di verificare la corrispondenza tra il risultato atteso e quello realizzato.

Questo modo di operare parte dal presupposto di una conoscenza teorica molto affinata, attraverso lo strumento della modellazione, la quale richiede una precisa conoscenza geometrica dell'edificio e una valutazione meccanica degli elementi posti in opera.

In ultima analisi, attraverso questo processo, si ottiene un risparmio rispetto a un intervento di recupero e consolidamento generalizzato e una conoscenza realistica delle capacità di resistenza al sisma.

PONTI	
Fase	Operazione
1	1.1 Definizione dello stato Definizione dello stato di fatto con analisi storico-critica e raccolta di tutti i dati di archivio e verifica dei disegni in campo.
	1.2 Esecuzione di un'ispezione visiva Esecuzione di una attenta Ispezione visiva con Valutazione Numerica dello stato di degrado. Permette di individuare eventuali punti di crisi degli elementi strutturali indirizzando la progettazione del Piano delle Indagini. Fornisce una Valutazione numerica dello stato di degrado, attraverso l'indice Dr (Indice di difettosità relativa) e Da (indice di difettosità assoluto) che potrà essere efficacemente confrontata con le Ispezioni successive.
	1.3 Rilievo geometrico di dettaglio Rilievo geometrico ex novo se non esistente e trasformazione in formato CAD.
	1.4 Costruzione di un modello numerico agli elementi finiti Sulla base dei rilievi e dei disegni di dettaglio realizzazione del modello numerico del ponte, modello non ancora calibrato ma che sarà in grado di fornire delle indicazioni di massima, quali la deformabilità della struttura e le frequenze proprie, utili in sede di programmazione dei rilievi dinamici sperimentali. Fornirà inoltre indicazione sugli elementi strutturali più sollecitati in modo da predisporre un Piano delle indagini corretto.
	
2	1.5 Piano delle indagini Sulla base delle conclusioni tratte dal modello strutturale preliminare, si potrà redigere un Piano delle indagini dettagliato approfondendo lo studio delle caratteristiche meccaniche dei materiali sugli elementi più sollecitati ed al rilievo della presenza della quantità e posizione delle armature nei punti critici. Prevedendo un LC3, vanno eseguiti, se il ponte è in zona sismica, almeno 1 prelievo di armatura ed una carota sul 60% delle pile (ma non meno di 4 pile). Le prove distruttive possono essere sostituite, al massimo al 50%, da prove in situ purché siano almeno il triplo e tarate sulla base delle prove distruttive. Caso dei ponti a travi precomprese I ponti a travi pre o post compresse comportano un processo di indagine più ampio in quanto l'analisi dello stato tensionale residuo degli elementi compressi rappresenta la parte diagnostica più importante e più complessa. Il processo deve essere integrato con prove con il georadar per la verifica della posizione dei cavi di precompressione, tomografie soniche per evidenziare eventuali anomalie di iniezione o mancanza di coesione tra cavo e calcestruzzo, saggi visivi con rilievo diretto dei cavi nei casi evidenziati dalla tomografia e prove di rilascio tensionale.
	2.1 Caratterizzazione dinamica sperimentale Caratterizzazione dinamica sperimentale in modo da valutare le risposte in frequenza ed i modi di vibrare utili alla futura calibrazione del modello. La misura delle frequenze proprie della struttura verrà eseguita utilizzando dei tromografi digitali Microsismic 6S costituiti ognuno da 6 sensori di misura delle accelerazioni. Le apparecchiature sono collegate tra loro via radio (senza cavi) per consentire la sincronizzazione del segnale. Le caratteristiche dei sensori sono le seguenti: - f.s. accelerometri: ± 3 g nella banda 0.5 Hz-1600 Hz per gli assi X e Y e 0.5 Hz- 550 Hz per Z; - densità potenza spettrale del rumore $280 \mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms per gli assi X,Y e $350 \mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms per Z; - tipologia è MEMS®. Gli strumenti saranno posti almeno 4 per campata. Nel caso di strutture iperstatiche a più campate, tenuto conto della grande quantità di punti di misura, devono essere conservate delle posizioni fisse, questo permette una sincronizzazione virtuale di tutte le rilevazioni da effettuare in fase di analisi.

	L'elaborazione dei risultati sperimentali dovrà fornire le frequenze proprie, con una precisione di almeno il $\pm 0,01$ Hz, almeno fino al III modo di vibrare con elaborazioni grafiche sia nel dominio dei tempi, con il calcolo dei periodi, che delle frequenze con l'individuazione dello spettro. Le forme modali saranno individuate attraverso la costruzione di un modello geometrico ai cui nodi saranno applicate le storie temporali delle acquisizioni sperimentali effettuate nelle diverse configurazioni. Il modello geometrico sottoposto ad analisi EFDD (Enhanced Frequency Domain Decomposition) fornirà le forme modali che assieme alle frequenze proprie consentirà una precisa calibrazione del modello numerico.
	2.2 Esecuzione delle indagini in campo ed in Laboratorio Esecuzione delle indagini previste nel Piano delle indagini, possibilmente a livello LC3, con particolare attenzione al rilievo delle armature nei punti critici. Esecuzione delle prove di laboratorio sui provini e valutazione dei risultati per una individuazione statistica delle caratteristiche meccaniche dei materiali considerabile per l'intera sezione resistente dei singoli elementi strutturali. Esecuzione di una prova di carico a carichi ridotti per rilevare le deformazioni sperimentali atte alla verifica della corrispondenza col modello calibrato sulla base della caratterizzazione dinamica sperimentale.
3	 3.1 Calibrazione del modello numerico Calibrazione del modello numerico aderente al comportamento reale attraverso la variazione delle ipotesi di input fino alla migliore corrispondenza tra risposta teorica e risposta sperimentale. Il modello sarà sottoposto ai carichi previsti dalle NTC 2018 e dalle Linee Guida ministeriali: saranno individuati gerarchicamente gli elementi strutturali più sollecitati confrontando le sollecitazioni con i parametri resistenti delle prove eseguite in campo ed in laboratorio, per determinare la reale capacità portante del ponte. Come previsto dalle Linee Guida le verifiche saranno condotte prima nei confronti dell'adeguatezza alle NTC 2018, poi eventualmente in riferimento all'operatività fino ad arrivare alla transitabilità dei carichi del codice della strada, mezzi pesanti da 440 kN, intermedi da 260 kN, leggeri da 75 kN o autoveicoli da 35 kN.
	3.2 Progetto di adeguamento Sulla base dei risultati del modello numerico calibrato e delle indagini sperimentali eseguite sugli elementi strutturali che si saranno individuati come critici, si procederà al progetto di adeguamento concentrando le operazioni sugli elementi inadeguati e/o più sollecitati.
4	4.1 Caratterizzazione dinamica sperimentale finale Eseguiti i lavori di adeguamento si procederà al rilievo delle caratteristiche dinamiche per confrontarle, allo scopo di collaudo, con quelle derivanti dal modello numerico adeguato.
	4.2 Prova di carico di collaudo Esecuzione della prova di carico per la verifica della corrispondenza tra deformazione teorica e sperimentale. La prova va eseguita col massimo carico consentito per determinare le massime sollecitazioni previste. Rilevare l'intero andamento della deformata longitudinale aiuta a valutare anche il comportamento del vincolo.
VALUTAZIONE DEL TRANSITO DEI CARICHI ECCEZIONALI	

La valutazione della possibilità di transito dei carichi eccezionali può essere informatizzata permettendo l'analisi di tutti i ponti di un percorso stradale attraverso l'applicazione del Teorema di Appiano.

Il Teorema di Appiano consente un approccio semplificato tra sollecitazioni derivanti dal transito di un carico eccezionale con quelle derivanti dai carichi previsti a norma per quella categoria di ponte all'epoca della costruzione.

Va considerato infatti che una struttura sprovvista di segnalazione del limite di portata è di fatto una struttura che implicitamente ammette il transito dei carichi della normativa vigente all'epoca.

Si definisce come *Momento o Taglio di confronto* il Momento o Taglio generato dal transito del treno di carico previsto dalla normativa utilizzata all'epoca della costruzione. Costruito un modello di ponte di riferimento attraverso la condizione isostatica, indipendentemente dalla reale tipologia costruttiva, il confronto avviene tra l'andamento del Momento massimo di confronto $M_{m,c}$ ed il Taglio massimo di confronto $T_{m,c}$ con l'andamento del Momento massimo prodotto $M_{m,p}$ ed il Taglio massimo prodotto $T_{m,p}$ dal carico eccezionale sul modello di ponte di riferimento.

L'andamento del Momento massimo è rappresentato dalla curva d'involuppo di tutti i Momenti massimi creati dal transito dei carichi di confronto o prodotti. Si parlerà così di *Momento Massimo di confronto* riferendoci a quello ottenuto dal transito dei carichi previsti dalle norme e *Momento massimo prodotto* riferendoci a quello ottenuto dal transito del carico eccezionale.

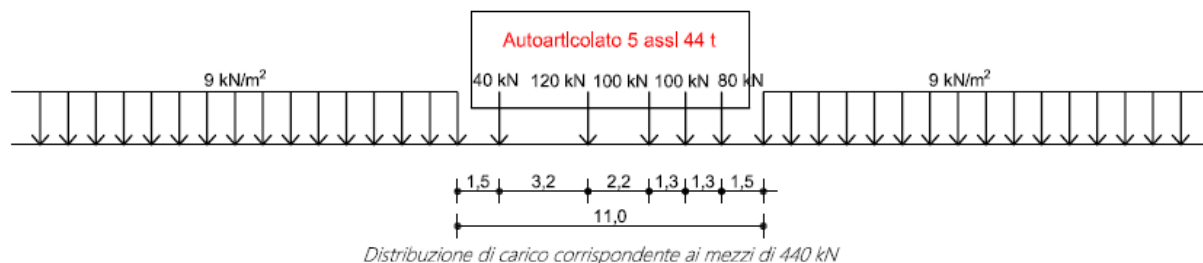
Nel sistema informatizzato (www.ispezioneponti.it), l'andamento del Momento massimo, di confronto e prodotto, è calcolato con un avanzamento del treno di carico a passi di 1/100 della luce a partire dall'appoggio di sinistra e fino alla fuoriuscita completa del treno di carico dall'appoggio di destra.

Un carico eccezionale è transitabile su un ponte quando produce delle sollecitazioni, di momento e di taglio, sempre inferiori alle sollecitazioni ammesse.

Le sollecitazioni ammesse derivano da una valutazione delle singole amministrazioni in base all'età ed alla condizione reale dell'opera e derivano dai carichi ammessi dalle norme, oppure da un collaudo, o da una limitazione di portata.

In ogni caso, se non si è in presenza di un cartello di limitazione di portata, va inteso che l'amministrazione proprietaria del ponte garantisce, perlomeno, il transito dei mezzi previsti dal Codice della Strada.

La condizione peggiore prevista dal Codice della Strada, quella che produce il massimo Momento e il massimo Taglio, è quella identificata dal transito del carico previsto dalle linee Guida ministeriali definito come mezzo pesante, autoarticolato a 5 assi da 440 kN.



Treno di carico previsto dal Codice della Strada

Si definisce come Momento o Taglio di confronto, ammesso, il Momento o Taglio generato dal transito del treno di carico, che può essere:

- previst
o dalla normativa utilizzata nella progettazione di un ponte;
- estrapolato dal massimo carico previsto dal Codice della Strada;

- Category: Bridge Demo

N°	Descrizione	N° F	F [kN]	m [m]	Q [kN/m²]	Q Corse	Q Impacato	Larghezza Corso [m]	F Corso > 1 [kN]	Q Corso > 1 [kN]	Coeff [F]	Coeff [Q]
1	distribuito	0	0	0	0	5	☒	☒	0	0	0	1
2	categoria 1-Circ. 1962- Schema 4	0	0	0	0	12.0	☒	☒	3.5	0	6.5	1
3	categoria 1-Circ. 1962- Schema 6	0	0	0	0	2.4	☒	☒	3.5	0	6.5	1
4	categoria 1-Circ. 1962- Schema 6	0	0	0	0	16.5	☒	☒	3.5	0	6.5	1
5	categoria 1-Circ. 1962- Schema 1	0	0	0	0	6.5	☒	☒	3.1	0	6.5	1
6	categoria 3-Circ. 1962- Schema 2	0	0	0	0	9.7	☒	☒	3.1	0	6.5	1
7	categoria 3-Circ. 1962- Schema 3	0	0	0	0	4	☒	☒	0	0	0	1
8	categoria 1-DM90	3	200	15	1.5	8.57	☒	☒	3.5	150	4.20	1
9	categoria 1-DM90	3	150	15	1.5	4.20	☒	☒	3.5	100	4.20	1
10	categoria 1-TU 2008	2	300	0	1.2	9	☒	☒	3	200	2.5	1
11	categoria 2-TU 2008	2	240	0	1.2	7.2	☒	☒	3	200	2.5	1

La versione CEG 1.0 (Carichi Eccezionali in versione Google) del metodo di calcolo della transitabilità dei carichi eccezionali già operante nel sistema informatico WeBridge (gestione dei Ponti seguendo AINOP e i livelli 0, 1, 2, 3 e 4 delle Linee Guida ministeriali) opera utilizzando la cartina stradale prodotta dal sistema Google, identificando lungo l'itinerario i ponti attraversati.

Le caratteristiche dimensionali e di carico dell'autotreno sono introdotte in un'apposita scheda dove è possibile costruire un qualunque tipo di mezzo, indicando: numero degli assi, distanza tra gli assi, carico su singolo asse. Il sistema consente la ricerca di un itinerario alternativo o di una rimodulazione delle caratteristiche dell'automezzo per la ricerca di una soluzione senza semafori rossi.

Oltre alla verifica della capacità portante delle opere d'arte il sistema verifica la transitabilità riferendosi agli ostacoli dimensionali che il trasporto eccezionale può incontrare lungo il percorso.

Ostacoli rappresentati dalle dimensioni delle gallerie, dalle altezze dei sottopassi o di linee aeree, dai restringimenti e dai raggi di curvatura delle rotonde o dei tornanti.

Tutti gli ostacoli sono inseriti nella mappa e facilmente individuabili attraverso un simbolo che li rappresenta.

Il transito virtuale del mezzo eccezionale individua l'eventuale ostacolo non superabile e lo colora di rosso.

