

ITINERARIO RAGUSA-CATANIA

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **PA890**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri

Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

	Dott. Ing. N. Granieri	Dott. Ing. M. Abram
	Dott. Ing. F. Durastanti	Dott. Ing. F. Pambianco
	Dott. Ing. V. Truffini	Dott. Ing. M. Briganti Botta
	Dott. Arch. A. Bracchini	Dott. Ing. L. Gagliardini
	Dott. Ing. L. Nani	Dott. Geol. G. Cerquiglini

MANDANTI:

	Dott. Ing. G. Guiducci	Dott. Ing. G. Lucibello
	Dott. Ing. A. Signorelli	Dott. Arch. G. Guastella
	Dott. Ing. E. Moscatelli	Dott. Geol. M. Leonardi
	Dott. Ing. A. Bela	Dott. Ing. G. Parente
	Dott. Arch. E. A. E. Crimi	Dott. Ing. L. Ragnacci
	Dott. Ing. M. Panfilì	Dott. Arch. A. Strati
	Dott. Arch. P. Ghirelli	Archeol. M. G. Liseno
	Dott. Ing. D. Pelle	
	Dott. Ing. D. Carlacchini	Dott. Ing. F. Aloe
	Dott. Ing. S. Sacconi	Dott. Ing. A. Salvemini
	Dott. Ing. C. Consorti	
	Dott. Ing. V. Rotisciani	Dott. Ing. G. Verini Supplizi
	Dott. Ing. G. Pulli	Dott. Ing. V. Piunno
	Dott. Ing. F. Macchioni	Geom. C. Sugaroni
	Dott. Ing. P. Agnello	

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini

Ordine dei Geologi della Regione Umbria n° 108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia n° A1373

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



**OPERE D'ARTE MINORI
ELABORATI GENERALI**

Relazione del piano indagini sui tombini esistenti da prolungare

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T04TM00STRRE01A			
L0408Z	E	2101	CODICE ELAB. T04TM00STRRE01		A	-
A	Emissione		Giu 2021	P. Castraberte	F. Durastanti	N. Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

A	PREMESSA	2
B	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
B.1	LIVELLI DI CONOSCENZA E INDAGINI NECESSARIE	3
C	DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI E DELLE INFORMAZIONI DISPONIBILI SULL'OPERA	6
C.1	INTERVENTI PREVISTI	6
C.2	DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE	6
C.3	SINTESI DEGLI OBIETTIVI D'INDAGINE	6
D	PIANO DI INDAGINI STRUTTURALI	8
D.1	LIVELLO DI CONOSCENZA.....	8
D.2	INDAGINI PREVISTE SULLE STRUTTURE	9
D.2.1	Geometria.....	9
D.2.2	Dettagli strutturali.....	9
D.2.3	Prove sui materiali.....	11
D.3	SINTESI DELLE INDAGINI DA EFFETTUARE	13
E	METODOLOGIE DI INDAGINE: SPECIFICHE TECNICHE	17
E.1	PROVE DI COMPRESSIONE SU CAROTE DI CALCESTRUZZO.....	17
E.2	PROVE DI TRAZIONE SU BARRE DI ARMATURA D'ACCIAIO	20
E.3	PROVE SCLEROMETRICHE	22
E.4	PROVE ULTRASONICHE	23
E.5	METODO COMBINATO SONREB	26
E.6	VERIFICHE PACOMETRICHE	27
E.7	PROSPEZIONI CON GEORADAR.....	29
E.8	ISPEZIONI ENDOSCOPICHE	29

MANDATARIA:

MANDANTI:

A PREMESSA

La presente relazione tratta il piano di indagine tipologico relativo ai tombini idraulici esistenti al fine di poter effettuare i prolungamenti degli stessi come previsto per i lavori dei Lotti 1, 2, 3 e 4 da realizzarsi nell'ambito dell' "Ammodernamento a N°4 corsie della S.S. 514 "Di Chiaromonte" e della S.S. 194 Ragusana dallo svincolo con la S.S. 115 allo svincolo con la S.S. 114".

Le caratteristiche dei tombini idraulici esistenti da prolungare sono riassunte nella successiva tabella:

Ex Lotto	Ex Tombino	Ex Progr. km	Nuovo Lotto	Nuova COD.	Nuova Progr. km	Tipologia	Dimensioni
1	T01	2+912	1	T01 TM04	2+912	Scatolare	3.00 x 3.00
1	T02	6+131	1	T01 TM09	6+131	Scatolare	3.50 x 3.50
1	-	6+788	1	T01 TM11	6+788	Circolare	φ 2000
1	T03	7+157	1	T01 TM12	7+157	Doppio Scatolare	3.50 x 3.50
1	-	7+836	1	T01 TM15	7+836	Circolare	φ 2000
1	T04	10+651	1	T01 TM20	10+651	Doppio Scatolare	3.30 x 3.30
1	T05	10+853	1	T01 TM21	10+853	Doppio Scatolare	4.00 x 4.50
2	T01	0+279	1	T01 TM22	0+279*	Doppio Scatolare	3.30 x 3.30
2	T04	4+762	1	T01 TM29	4+762*	Doppio Scatolare	4.00 x 4.50
3	-	7+750	2	T02 TM16	7+750	Circolare	φ 3000
5	-	2+534	3	T03 TM04	2+534	Circolare	φ 2000
5	-	2+850	3	T03 TM05	2+850	Circolare	φ 2000
8	T11	7+933	4	T04 TM31	7+933	Scatolare	3.00 x 3.00

* Tali progressive andranno aggiornate in base all'accorpamento degli ex lotti 1 e 2 con l'attuale lotto 1

I manufatti esistenti presentano sezione a forma scatolare, doppio scatolare o circolare e sono realizzati in cemento armato.

MANDATARIA:

MANDANTI:

B NORMATIVE DI RIFERIMENTO

I principali riferimenti normativi da considerare per lo studio e l'analisi di strutture esistenti, in quanto forniscono i criteri generali che regolano il processo di conoscenza e valutazione della sicurezza, sono i seguenti:

- **Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)**
- **Circolare 7 del 21/01/2019**
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

Si fa inoltre riferimento alle indicazioni fornite nel testo "*Linee Guida e Manuale applicativo per la Valutazione della Sicurezza Sismica e il Consolidamento dei Ponti Esistenti in c.a.*" (Progetto DPC-ReLUIS 2005-2008); pur essendo i tombini idraulici opere di importanza minore rispetto ai ponti, il testo citato può comunque risultare un utile riferimento.

B.1 LIVELLI DI CONOSCENZA E INDAGINI NECESSARIE

Il D.M. 17/01/18 specifica che "Il rilievo deve individuare l'organismo resistente della costruzione, tenendo anche presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi" e che "Per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si baserà sulla documentazione già disponibile, su verifiche visive in situ e su indagini sperimentali".

Per le strutture in cemento armato, la Circolare n.7 del 2019 (in accordo con l'EC8 – P3) definisce tre livelli di conoscenza:

- LC1: Conoscenza Limitata;
- LC2: Conoscenza Adeguata;
- LC3: Conoscenza Accurata.

Piano di Indagini Tombini Idraulici esistenti da prolungare

Generalmente per opere di una certa importanza (ponti, edifici strategici, ecc.), o comunque di facile accessibilità, è auspicabile raggiungere un livello di conoscenza LC3 o, almeno, LC2.

Il numero e la tipologia di rilievi e indagini necessari è chiaramente funzione del livello di conoscenza "target" che si vuole raggiungere e della quantità e qualità della documentazione disponibile.

Nella tabella seguente sono riportati per ciascuna tipologia di informazioni (geometria, dettagli strutturali e caratteristiche dei materiali) i livelli minimi di approfondimento delle indagini necessari per il raggiungimento di ciascuno dei tre livelli di conoscenza definiti dalla norma.

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ
LC2		Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure estese prove in-situ
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ

Il significato dei termini "limitate", "estese" ed "esaustive", riferito sia al rilievo dei dettagli strutturali che alle prove sui materiali, è esplicitato nella tabella seguente (tratta da: Progetto DPC-ReLUI5 2005-2008, "Linee Guida e Manuale applicativo per la Valutazione della Sicurezza Sismica e il Consolidamento dei Ponti Esistenti in c.a.");

Inoltre, secondo la Circolare n.7, 2019:

- "Ai fini delle prove sui materiali è consentito sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con un più ampio numero, almeno il triplo, di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive";

MANDATARIA:

MANDANTI:

Piano di Indagini Tombini Idraulici esistenti da prolungare

- "Il numero di provini [...] può esser variato, in aumento o in diminuzione, in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Nel caso del calcestruzzo in opera tali caratteristiche sono spesso legate alle modalità costruttive tipiche dell'epoca di costruzione e del tipo di manufatto, di cui occorrerà tener conto nel pianificare l'indagine. Sarà opportuno, in tal senso, prevedere l'effettuazione di una seconda campagna di prove integrative, nel caso in cui i risultati della prima risultino fortemente disomogenei".

MANDATARIA:

MANDANTI:

C DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI E DELLE INFORMAZIONI DISPONIBILI SULL'OPERA

C.1 INTERVENTI PREVISTI

I principali interventi previsti per i tombini idraulici precedentemente elencati, sono:

- Demolizione del tratto terminale del tombino esistente
- Prolungamento del tombino con collegamento all'esistente mediante giunto bentonitico;
- Ritombamento dei prolungamenti del tombino
- Messa in opera dell'arredo stradale (pavimentazione, barriere, segnaletica ecc...).

Poiché il prolungamento del tombino comporta un'alterazione della risposta sismica dello stesso, in accordo a quanto riportato al §8.4.3 delle NTC2018, è obbligatorio adeguare sismicamente l'opera.

A seguito dello studio di vulnerabilità sismica dell'opera, una volta individuate le eventuali carenze nei confronti dell'azione sismica, potrebbero essere necessari alcuni interventi sull'opera esistente al fine di adeguarla sismicamente.

A tal fine, un possibile intervento sull'opera potrebbe essere l'ispessimento di solette e piedritti con aggiunta di armatura.

C.2 DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE

Il numero, la tipologia ed anche la complessità delle indagini da eseguire dipendono direttamente dalla quantità e dal livello di dettaglio della documentazione disponibile sull'opera;

Attualmente non si hanno a disposizione elaborati di contabilità originari relativi alle opere oggetto di tale relazione; ad oggi, per i tombini in esame, sono stati effettuati dei rilievi topografici esclusivamente per i tombini T03 al km7+157 e T04 al km 10+651 del Lotto 1.

C.3 SINTESI DEGLI OBIETTIVI D'INDAGINE

Gli obiettivi di indagine sono i seguenti:

- Ricostruire la geometria dell'opera al fine di poter conoscere l'attuale stato di fatto della stessa.
- Conoscenza dei dettagli costruttivi quali passo armature, diametri delle barre, copriferri ecc ...

MANDATARIA:

MANDANTI:

Piano di Indagini Tombini Idraulici esistenti da prolungare

- Conoscenza delle caratteristiche meccaniche e del degrado dei materiali in opera.

MANDATARIA:

MANDANTI:



D PIANO DI INDAGINI STRUTTURALI

La progettazione della campagna di indagini, come già anticipato, è funzione del livello di conoscenza che si desidera acquisire.

D.1 LIVELLO DI CONOSCENZA

Per le opere in esame è opportuno tendere al raggiungimento di un livello di conoscenza accurata (LC3); tale esigenza è giustificata dall'assenza di elementi non strutturali che (come solitamente accade per gli edifici) limitano l'accessibilità delle strutture.

Si riporta a seguire la tabella che indica per il livello di conoscenza LC3 i dati richiesti, i metodi di analisi ammessi e il valore del fattore di confidenza (FC).

	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi sismica	FC
LC3	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo oppure rilievo ex-novo completo	Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure <i>esaustive</i> verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con <i>estese</i> prove in situ oppure <i>esaustive</i> prove in-situ	Tutti	1.0

Partendo da tali considerazioni nei capitoli successivi si riportano le indagini previste per le opere in esame.

MANDATARIA:

MANDANTI:

D.2 INDAGINI PREVISTE SULLE STRUTTURE

D.2.1 Geometria

Per conoscere la carpenteria della singola opera sono necessari rilievi ex-novo della stessa in cui sono riportati anche i ricoprimenti e gli spessori dei vari elementi; sulle solette e sui piedritti si effettuano delle prove endoscopiche dopo aver praticato un foro passante da parte a parte in modo da poter determinare i loro spessori.

In particolare, si effettua:

- Tombini scatolari doppi:

- 5 indagini endoscopiche: 2 su soletta superiore, 1 su un piedritto laterale, 1 sul piedritto centrale e 1 sulla soletta inferiore

- Tombini scatolari semplici:

- 3 indagini endoscopiche: 1 su soletta superiore, 1 su un piedritto e 1 sulla soletta inferiore

- Tombini circolari:

- 1 indagine endoscopica: sulla sezione tubolare;

D.2.2 Dettagli strutturali

Poiché non si hanno a disposizione gli elaborati di contabilità originari dei tombini, ne consegue che è necessario effettuare *Esaustive Verifiche in-situ* per conoscere i dettagli strutturali dei vari elementi che compongono le strutture (passo armature, diametri delle barre, copriferri ecc ...).

Nel dettaglio, i quantitativi di armatura da indagare sono:

- Tombini scatolari doppi:

- 1 saggio: Armatura soletta superiore (1 inferiore in mezzeria)
- 1 saggio: Armatura piedritti esterni (1 interno in mezzeria)
- 1 saggio: Armatura piedritto interno (1 all'incastro inferiore);
- 1 saggio: Armatura soletta inferiore (1 superiore in mezzeria).

MANDATARIA:

MANDANTI:

- Tombini scatolari semplici:

- 1 saggio: Armatura soletta superiore (1 inferiore in mezzeria);
- 1 saggio: Armatura piedritti (1 interno in mezzeria);
- 1 saggio: Armatura soletta inferiore (1 superiore in mezzeria).

- Tombini circolari:

- 1 saggio: Armatura sezione tubolare;

Inoltre per poter indagare i dettagli costruttivi relativi alle facce esterne dell'opera si prevede di effettuare delle prospezioni con Georadar (GPR), in particolare:

- Tombini scatolari doppi:

- 2 georadar: Armatura soletta superiore (1 superiore all'incastro esterno, 1 superiore all'incastro centrale);
- 1 georadar: Armatura piedritti esterni (1 esterno all'incastro inferiore);
- 1 georadar: Armatura soletta inferiore (1 inferiore all'incastro).

- Tombini scatolari semplici:

- 1 georadar: Armatura soletta superiore (1 superiore all'incastro);
- 1 georadar: Armatura piedritti (1 esterno all'incastro inferiore);
- 1 georadar: Armatura soletta inferiore (1 inferiore all'incastro).

Almeno il 50% dei saggi dovrà essere eseguito mediante rimozione locale del copriferro e successiva misura di: spessore copriferro, interasse e diametro delle barre di armatura nelle due direzioni.

La restante parte delle verifiche potrà essere condotta, ove possibile, mediante prove pacometriche "tarate" opportunamente sulla base dei sondaggi effettuati mediante rimozione locale del copriferro (descritti in precedenza).

MANDATARIA:

MANDANTI:

D.2.3 Prove sui materiali

Poiché non si hanno a disposizione i certificati di prova originali o le specifiche originali di progetto, ne consegue che è necessario effettuare *Esaustive Prove in-situ* per conoscere i materiali dei vari elementi che compongono le strutture.

Nel dettaglio vanno effettuati i seguenti prelievi di materiali da sottoporre a prove distruttive in laboratorio:

- Tombini scatolari doppi:

- Prelievo di 2 di barre di armatura soletta superiore;
- Prelievo di 1 di barra di armatura piedritti esterni;
- Prelievo di 1 di barra di armatura piedritto interno;
- Prelievo di 2 di barre di armatura soletta inferiore;
- Prelievo di 2 carote di cls in soletta superiore
- Prelievo di 1 carota di cls nei piedritti esterni;
- Prelievo di 1 carota di cls nel piedritto centrale;
- Prelievo di 2 carote di cls in soletta inferiore (2 in mezzeria).

- Tombini scatolari semplici:

- Prelievo di 1 di barra di armatura soletta superiore;
- Prelievo di 2 di barre di armatura piedritti esterni;
- Prelievo di 1 di barra di armatura soletta inferiore;
- Prelievo di 1 carota di cls in soletta superiore;
- Prelievo di 2 carote di cls nei piedritti esterni;
- Prelievo di 1 carota di cls in soletta inferiore.

- Tombini circolari:

- Prelievo di 2 di barre di armatura;
- Prelievo di 2 carote di cls;

Per i provini in cls, individuato il reticolo delle armature mediante il pacometro, il prelievo della carota dovrà avvenire nei campi privi di armatura. La lunghezza della carota deve coprire tutto lo spessore della soletta (o del piedritto) al fine di poter determinare il suo spessore. Le carote in calcestruzzo dovranno essere soggette a prova di carbonatazione prima dello schiacciamento.

MANDATARIA:

MANDANTI:

Piano di Indagini Tombini Idraulici esistenti da prolungare

In seguito al prelievo dei campioni di materiale le condizioni dell'opera vanno ripristinate mediante:

- Riempimento dei fori dei carotaggi con betoncino strutturale (Almeno Rck40) a ritiro compensato;
- Ripristino delle barre in acciaio rimosse con spezzoni in acciaio B450C di equivalente diametro saldati alla restante armatura e successiva ricostruzione del copriferro mediante malta tixotropica a ritiro compensato.

MANDATARIA:

MANDANTI:

D.3 SINTESI DELLE INDAGINI DA EFFETTUARE

Nella tabella sottostante si riportano in sintesi le indagini da effettuare per le opere in esame:

Nuovo Lotto	Nuova COD.	Nuova Progr. km	Tipologia	Dimensioni	Saggi armatura (SA)	Georadar (GPR)	Prove di trazione su barre di armatura (PA)	Prove di schiacciamento su carote di calcestruzzo (PS)	Ispezioni Endoscopiche (ES)
1	T01 TM04	2+912	Scatolare	3.00 x 3.00	3	3	4	4	3
1	T01 TM09	6+131	Scatolare	3.50 x 3.50	3	3	4	4	3
1	T01 TM11	6+788	Circolare	φ2000	1	0	2	2	1
1	T01 TM12	7+157	Doppio Scatolare	3.50 x 3.50	4	4	6	6	5
1	T01 TM15	7+836	Circolare	φ2000	1	0	2	2	1
1	T01 TM20	10+651	Doppio Scatolare	3.30 x 3.30	4	4	6	6	5
1	T01 TM21	10+853	Doppio Scatolare	4.00 x 4.50	4	4	6	6	5
1	T01 TM22	0+279*	Doppio Scatolare	3.30 x 3.30	4	4	6	6	5
1	T01 TM29	4+762*	Doppio Scatolare	4.00 x 4.50	4	4	6	6	5
2	T02 TM16	7+750	Circolare	φ3000	1	0	2	2	1
TOT.					29	26	44	44	34

* Tali progressive andranno aggiornate in base all'accorpamento degli ex lotti 1 e 2 con l'attuale lotto 1

N.B.: Le carote di cls prima dello schiacciamento sono sottoposte alla prova di carbonatazione.

In un'apposita tavola si riporteranno per ciascuna tipologia di indagine il numero e l'ubicazione dei punti di prelievo/prova.

(*) Di concerto con la committenza, una parte dei controlli distruttivi (non più del 50%) potrà essere sostituita da controlli non distruttivi in situ; nello specifico:

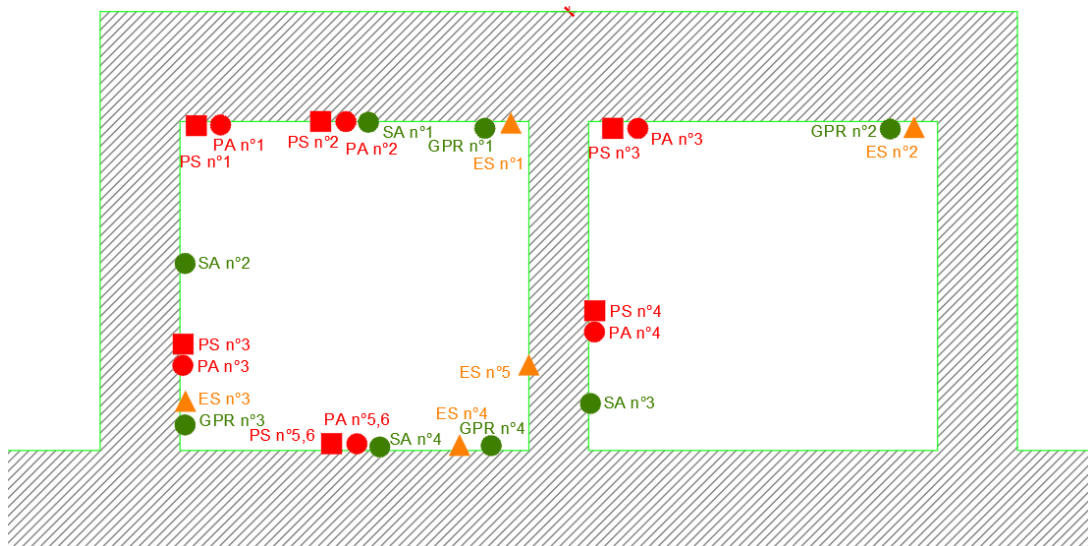
- Le prove di schiacciamento su carote di calcestruzzo possono essere sostituite da prove sclerometriche e ultrasoniche combinate con metodo Son-Reb (3 Son-Reb in luogo di 1 prova di schiacciamento) e da una prova colorimetrica di carbonatazione "in situ";
- Le prove di trazione su armatura lenta possono essere sostituite da prove di durezza superficiale (3 prove di durezza in luogo di 1 prova di trazione).

MANDATARIA:

MANDANTI:

Piano di Indagini Tombini Idraulici esistenti da prolungare

SCATOLARE DOPPIO			Soletta superiore	Piedritti	Soletta inferiore	Totale
Prove e indagini sulla struttura						
Verifiche dettagli strutturali di armatura mediante rimozione locale copriferro e/o prove pacometriche	Saggi armatura	● SA n°	1	2	1	4
Prospezioni con Georadar (GPR)	Georadar (GPR)	● GPR n°	2	1	1	4
Prove distruttive su materiali prelevati in situ	Prove di trazione su barre di armatura	● PA n°	2	2	2	6
	Prove di schiacciamento su carote di calcestruzzo	■ PS n°	2	2	2	6
Rilievo spessore dell'elemento e diametro Armature esterne	Ispezione Endoscopica	▲ ES n°	2	2	1	5



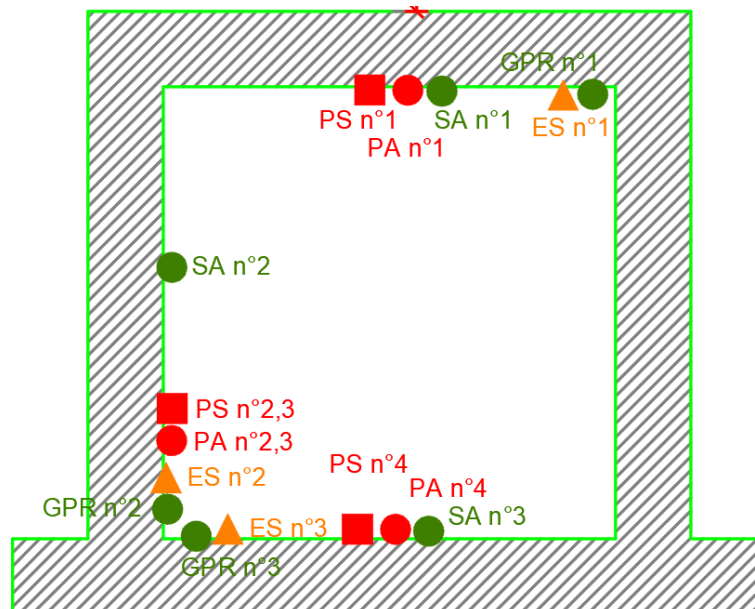
Indagini sugli scatolari doppi

MANDATARIA:

MANDANTI:

Piano di Indagini Tombini Idraulici esistenti da prolungare

SCATOLARE SEMPLICE			Soletta superiore	Piedritti	Soletta inferiore	Totale
Prove e indagini sulla struttura						
Verifiche dettagli strutturali di armatura mediante rimozione locale copriferro e/o prove pacometriche	Saggi armatura	● SA n°	1	1	1	3
Prospezioni con Georadar (GPR)	Georadar (GPR)	● GPR n°	1	1	1	3
Prove distruttive su materiali prelevati in situ	Prove di trazione su barre di armatura	● PA n°	1	2	1	4
	Prove di schiacciamento su carote di calcestruzzo	■ PS n°	1	2	1	4
Rilevo spessore dell'elemento e diametro Armature esterne	Ispezione Endoscopica	▲ ES n°	1	1	1	3



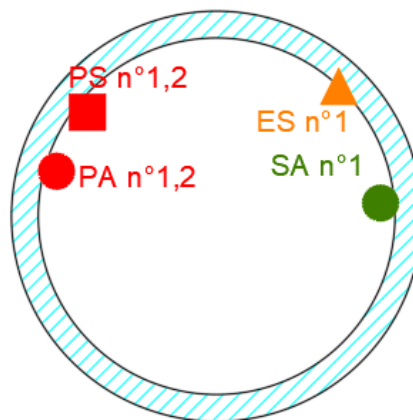
Indagini sugli scatoari semplici

MANDATARIA:

MANDANTI:

Piano di Indagini Tombini Idraulici esistenti da prolungare

TOMBINO CIRCOLARE			
Prove e indagini sulla struttura			Totale
Verifiche dettagli strutturali di armatura mediante rimozione locale copriferro e/o prove pacometriche	Saggi armatura	● SA n°	1
Prove distruttive su materiali prelevati in situ	Prove di trazione su barre di armatura	● PA n°	2
	Prove di schiacciamento su carote di calcestruzzo	■ PS n°	2
Detreminazione dello spessore dell'elemento	Ispezione Endoscopica	▲ ES n°	1



Indagini sui tombini circolari

MANDATARIA:

MANDANTI:

E METODOLOGIE DI INDAGINE: SPECIFICHE TECNICHE

E.1 PROVE DI COMPRESSIONE SU CAROTE DI CALCESTRUZZO

Principi

Le indagini, siano esse distruttive o non distruttive, necessitano di particolare cura affinché si pervenga ad una conoscenza delle caratteristiche reali dei materiali. Ciò vale in special modo per le prove distruttive effettuate su campioni di calcestruzzo ("carote") estratti dalla struttura mediante fresa con punta "a bicchiere" (carotatrice). In particolare, sia la fase di estrazione del campione, sia quella di manipolazione e preparazione per la prova devono minimizzare il disturbo ad esso arrecato, onde evitarne un eccessivo danneggiamento che renderebbe la carota non rappresentativa del calcestruzzo da cui è stata prelevata. In passato nella prova di compressione dei campioni cilindrici, affinché il valore misurato non fosse influenzato dall'effetto di confinamento delle piastre di carico della pressa, era necessario realizzare provini con un rapporto tra altezza e diametro della base pari a due. I valori di resistenza a compressione così ottenuti (f_c) venivano poi ricondotti ai valori di resistenza dei campioni cubici (R_c) dividendo per un coefficiente pari a 0,83. Studi recenti hanno mostrato che sottoponendo a prova campioni cilindrici con rapporto unitario tra altezza e diametro si ottiene direttamente la resistenza cubica (R_c). Sottoponendo a prova due campioni per ciascun prelievo si avrà un valore medio per ogni punto indagato che consente di ridurre le incertezze inerenti la fase di prova e di preparazione dei campioni. Quindi, la lunghezza della carota dovrà, se possibile, essere sufficiente alla realizzazione dei due provini con rapporto altezza/diametro unitario.

Esecuzione

L'esecuzione dei carotaggi è regolata dalla norma UNI 12504-1 [UNI 2009]. La prova di compressione, invece, è regolata dalla norma UNI EN 12390 nelle parti da 1 a 4. Individuato il reticolo delle armature mediante il pacometro, il prelievo dovrà avvenire nei campi, privi di armatura. Nel caso in cui le prove distruttive sono integrate con prove non distruttive tipo SONREB, queste ultime in numero superiore al fine di ottenere un quadro più ampio dello stato del calcestruzzo della struttura, sarà opportuno eseguire i carotaggi in corrispondenza dei punti

MANDATARIA:

MANDANTI:

in cui sono state eseguite alcune delle prove sclerometriche ed ultrasoniche, al fine di ricavare le corrette correlazioni con i risultati delle indagini non distruttive.

Le operazioni di prelievo devono scongiurare l'inclusione di armature metalliche nelle carote per evitare:

- la significativa riduzione della capacità resistente dell'elemento strutturale su cui si effettua il prelievo
- l'aggravio del disturbo al campione nelle fasi di prelievo determinato dall'incremento delle vibrazioni
- l'alterazione dei valori della prova di compressione per la presenza della barra d'armatura.

Quando la maglia delle armature è tale da non consentire il prelievo di carote prive di inclusioni è preferibile prelevare carote con diametro minore. In ogni caso, qualora una o più barre d'armatura vengano tranciate, è necessario procedere al ripristino.

Nel corso delle operazioni di prelievo delle carote è opportuno misurare anche la profondità di carbonatazione del calcestruzzo, così da valutare il potenziale grado di protezione alla corrosione delle barre di armatura. La misura della profondità di carbonatazione è regolata dalla norma UNI 9944. Essa avviene osservando il comportamento della fenoftaleina, che, in ambiente basico, ovvero in assenza di carbonatazione, si colora di rosso – violetto. Pertanto, spruzzando sulla superficie cilindrica del campione, immediatamente dopo l'estrazione, una soluzione di fenoftaleina all'1% in alcol etilico, è osservabile il calcestruzzo carbonatato come quella parte che non mostra una colorazione rosso-violetto. La profondità di carbonatazione andrà misurata con la precisione del millimetro.

Avvertenze/Raccomandazioni

È di fondamentale importanza verificare, nel corso dei prelievi, che la macchina carotatrice non abbia significative vibrazioni dell'asse di rotazione e che la velocità di avanzamento sia bassa,

MANDATARIA:

MANDANTI:

onde evitare un eccessivo danneggiamento del campione. Pertanto, occorre adottare gli accorgimenti necessari ad evitare la vibrazione del sistema di carotaggio (carotatrice e relativo supporto) e inoltre la velocità di avanzamento per il prelievo di campioni dovrà essere ben minore di quella abitualmente adottata per la realizzazione di fori nel calcestruzzo, preferibilmente inferiore a 600 giri/min. Il diametro delle carote, come indicato dalle norme UNI, deve essere almeno pari a tre volte il diametro massimo dell'inerte presente nel calcestruzzo. Il diametro più comunemente utilizzato nei prelievi è di circa 100 mm e, di conseguenza, l'altezza della carota prelevata deve essere di circa 280 mm, affinché possa ottenersi un campione lungo 200 mm o, meglio, due campioni con rapporto altezza/diametro unitario. Le norme, e la letteratura del settore, evidenziano come la resistenza in situ, determinata mediante la compressione di carote prelevate dalla struttura, sia in generale minore di quella ricavata dalla prova di compressione di campioni maturati in condizioni di laboratorio. Tale difformità è legata a differenti motivazioni che possono essere suddivise in due grandi categorie: l'una relativa alle condizioni di posa in opera e di maturazione, l'altra ai disturbi arrecati ai campioni mediante il prelievo.

Per quanto attiene il primo aspetto, così come indicato dalle NTC 2008, che si riporta integralmente, "Il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza strutturale) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in condizioni di laboratorio (definita come resistenza potenziale)". Per tali motivi, sempre le NTC2008 citano che "È accettabile un valore medio della resistenza strutturale, misurata con tecniche opportune (distruttive e non distruttive) e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, non inferiore all'85% del valore medio definito in fase di progetto."

Per quanto attiene il secondo aspetto, come facilmente comprensibile, le operazioni di prelievo comportano un degrado locale delle caratteristiche meccaniche e, quindi, del campione che si preleva. Tali perdite, generalmente, risultano trascurabili per l'elemento strutturale oggetto di indagine, date le limitate dimensioni del foro in esso realizzato, ma molto influenti sulla resistenza del campione prelevato. L'entità sarà commisurata alle cure che si adottano nelle operazioni di prelievo, ma anche alle caratteristiche meccaniche del materiale di partenza ed al diametro della carota. Il disturbo arrecato dall'operazione di taglio (usura) provocata dalla corona diamantata si propaga radialmente nel materiale circostante individuando un volume avente in sezione la forma di una corona circolare con diametro medio pari a quello del

MANDATARIA: MANDANTI:

carotiere, ed una lunghezza di poco maggiore a quella del campione prelevato. È evidente che lo spessore di corona circolare degradato crescerà al diminuire della resistenza propria del materiale. Tale aspetto, se generalmente poco significativo per l'elemento indagato, risulta invece determinate per il campione prelevato, soprattutto quando lo spessore degradato risulta percentualmente significativo rispetto al diametro della carota. Le linee guida del 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", al punto 11.3, danno rilievo a tale aspetto sottolineando che "l'estrazione e la lavorazione delle superfici di calcestruzzi aventi resistenza ≤ 20 MPa, è molto critica" e quindi "il metodo non risulta idoneo ad indagare tali calcestruzzi."

Stante la necessità di valutare la resistenza in situ dei calcestruzzi, indipendentemente dal valore della capacità resistente, è necessario utilizzare formulazioni che ne consentano comunque una stima. La letteratura tecnico-scientifica e diverse normative danno una serie di indicazioni per i fattori sopra elencati.

E.2 PROVE DI TRAZIONE SU BARRE DI ARMATURA D'ACCIAIO

Principi

Si tratta della classica prova di trazione su barre d'armatura, così come regolata dalle NTC08 e dalla norma UNI EN 10002/1.

Contrariamente al calcestruzzo, l'acciaio, essendo un prodotto industrializzato, possiede un'elevata stabilità di comportamento e le sue caratteristiche, all'epoca della realizzazione della struttura, sono accertate già presso lo stabilimento di produzione. Pertanto, soprattutto per le strutture recenti, quando ne è nota la provenienza e si dispone delle certificazioni, potrebbe risultare superfluo eseguire prelievi di barre d'armatura. In ogni caso appare opportuno limitarne il numero, data la notevole invasività dell'operazione e, per quanto detto, l'usuale buona costanza di caratteristiche dell'acciaio.

Esecuzione

MANDATARIA:

MANDANTI:

Piano di Indagini Tombini Idraulici esistenti da prolungare

Lo spezzone di barra da prelevare deve avere una lunghezza pari a circa 450 mm, per poter essere sottoposto alla prova di rottura per trazione in conformità alla norma UNI EN 10002/1.

Avvertenze/Raccomandazioni

È importante che il prelievo venga effettuato su elementi poco sollecitati e ovviamente laddove si abbia certezza che il tipo di acciaio sia lo stesso in tutta la struttura. È inoltre preferibile che la barra, se prelevata da una pila, non sia una barra d'angolo, essendo la sua funzione strutturale sicuramente più importante di quella delle eventuali barre intermedie. Particolare cura dovrà essere posta nel ripristino della capacità resistente originaria dell'elemento strutturale, verificando la saldabilità delle barre in opera, adottando l'opportuno tipo di elettrodo ed effettuando la saldatura tra il nuovo spezzone e la barra esistente con cordoni d'angolo di adeguata lunghezza, in ogni caso non mediante saldatura di testa.

MANDATARIA:

MANDANTI:

E.3 PROVE SCLEROMETRICHE

Principi

Sono finalizzate alla determinazione della resistenza del calcestruzzo tramite misura della durezza superficiale, mediante valutazione del rimbalzo di una sfera metallica contenuta in apposito cilindro cavo. Sono le prove più comunemente utilizzate, sebbene i valori che restituiscono, se non abbinati alle prove ultrasoniche (metodo SonReb), risultano, spesso, essere poco significativi. Come indicato dalle norme UNI, l'indice di rimbalzo deve essere valutato come la media sul numero di battute eseguite nella stessa area di misura (è sbagliato ripeterle sullo stesso identico punto fisico) la cui superficie sia stata opportunamente preparata (non abbia asperità). Le aree su cui si eseguono le battute sclerometriche devono risultare interne alle zone di solo calcestruzzo circoscritte dal reticolo delle armature individuate mediante misure pacometriche. Si dovrà evitare di eseguire misurazioni in corrispondenza di calcestruzzo distaccato o palesemente deteriorato. La valutazione della resistenza di porzioni di calcestruzzo deteriorato è ottenibile, quando possibile, solo mediante prelievo e successiva prova di compressione dei campioni.

Esecuzione

L'utilizzo dello sclerometro, come strumento di prova non distruttivo, è regolato dalla norma UNI EN 12504 -2 [UNI 2001]. Su ogni faccia delle superfici di calcestruzzo indagate vanno eseguite almeno n°9 misurazioni (o battute) non sovrapposte (generalmente se ne eseguono 10) e distanti non meno di 25 mm tra loro o dal bordo di eventuali difetti superficiali presenti e da ferri d'armatura, preventivamente localizzati. Il risultato della prova è fornito in termini di indice di rimbalzo medio I_r ed è riportato per ogni punto di indagine. Se, per ciascun punto, oltre il 20% di tutte le misure si discosta dalla media per più di 6 unità, deve essere scartata l'intera serie di misure.

Avvertenze/Raccomandazioni

MANDATARIA:

MANDANTI:

L'indice di rimbalzo dovrà essere valutato eseguendo la misura con lo sclerometro in posizione orizzontale. Qualora ciò non sia possibile, al fine di determinare l'equivalente indice di rimbalzo misurato in orizzontale, si deve far ricorso alle curve di ragguglio indicate dalla casa costruttrice dello strumento. Va peraltro sottolineato come tale operazione riduca ulteriormente l'attendibilità dei risultati dell'indagine.

Si evidenzia, inoltre, che in presenza di calcestruzzi molto carbonatati la durezza superficiale può risultare più alta di quella comunemente misurata e, pertanto, è opportuno ridurre il valore di riferimento medio dell'indice di rimbalzo I_r , tramite un opportuno coefficiente. Un' indicazione dei valori entro cui è compreso il coefficiente può essere: 0.95 (per profondità di carbonatazione comprese tra i 50 e 60mm) - 0.90 (per profondità maggiori o uguali ai 60 mm), salvo casi particolari in cui l'indice di rimbalzo perde addirittura di significatività.

Si ricorda, infine, che la funzionalità dello sclerometro va periodicamente verificata e calibrata (quando lo strumento non consente la calibrazione e risulta starato va sostituito) eseguendo le misure su un'apposita massa detta incudine di taratura o massa di riscontro.

Preliminarmente a qualsiasi lettura, è opportuno azionare almeno tre volte lo strumento per accertarne il corretto funzionamento.

E.4 PROVE ULTRASONICHE

Principi

Le prove ultrasoniche basano la loro capacità di stima della resistenza del calcestruzzo sulla velocità di propagazione delle onde ultrasoniche nel calcestruzzo stesso, essendo tale velocità strettamente correlata con il modulo elastico del calcestruzzo, a sua volta correlato con la resistenza a compressione. La prova ultrasonica ha, perciò, come scopo principale la determinazione del tempo di propagazione di un impulso di vibrazione meccanica nel calcestruzzo fra una o più coppie di punti di rilievo. Misurando il tempo di attraversamento dell'impulso e lo spessore del mezzo posto tra le due sonde dell'apparecchio si calcola la velocità virtuale o apparente di propagazione degli impulsi e da essa, preliminarmente, si ricavano informazioni sull'omogeneità del calcestruzzo. In genere le misure ultrasoniche possono essere svolte per trasparenza, per semitrasparenza e per superficie, come mostrato in Figura 1.

MANDATARIA:

MANDANTI:

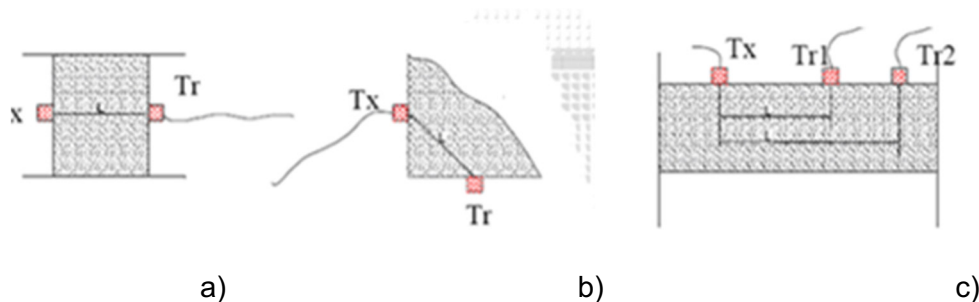


Figura 1. Letture ultrasoniche: a) per trasparenza T; b) per semi-trasparenza ST; c) per superficie S.

Esecuzione

L'utilizzo degli ultrasuoni, come strumento di prova non distruttivo, è regolato dalla norma UNI EN 12504-4 [UNI 2005]. La frequenza del segnale trasmesso dai trasduttori dovrà essere compresa tra i 10 kHz ed i 200 kHz. Su ogni faccia delle superfici di calcestruzzo indagate la lettura va eseguita in aree interne alle zone di solo calcestruzzo, prive dell'eventuale intonaco soprastante, circoscritte dal reticolo delle armature individuate mediante le misure pacometriche. Analogamente a quanto detto per le prove sclerometriche, si dovrà evitare di eseguire misurazioni in corrispondenza di calcestruzzo distaccato o palesemente deteriorato. E' preferibile utilizzare frequenze comprese tra i 60kHz ed i 200kHz per piccoli percorsi del segnale (distanze inferiori ai 50 mm) e frequenze più basse comprese tra i 10kHz ed i 40 kHz per dimensioni particolarmente grandi con un massimo di 15 m. Frequenze comprese tra i 40 kHz ed i 60 kHz sono quelle utilizzate per le più comuni applicazioni.

Avvertenze/Raccomandazioni

L'attendibilità di questo metodo è fortemente influenzata dall'attendibilità della velocità delle onde ultrasoniche misurate che risentono fortemente delle modalità di esecuzione, oltre che della corretta calibrazione dello strumento. Prima di iniziare la campagna di misure si dovrà,

MANDATARIA:

MANDANTI:

Piano di Indagini Tombini Idraulici esistenti da prolungare

innanzitutto, verificare il corretto funzionamento dello strumento mediante gli appositi cilindri calibrati. Nell'eseguire le misure per trasparenza, il disallineamento non "voluto", e quindi non considerato della valutazione della distanza tra il trasmettitore ed il ricevente, modifica significativamente la reale lunghezza del percorso dell'onda, e di conseguenza la velocità, così come la stessa è fortemente influenzata dalla corretta disposizione sui sensori del materiale idoneo a ricreare la corretta "continuità" con il calcestruzzo. In particolare, la misura può essere falsata dalla presenza di:

- lesioni e/o microfessurazione nel calcestruzzo
- presenza di armature in acciaio
- livello di imbibizione del calcestruzzo.

Nel primo caso si ha un aumento della lunghezza del percorso e, quindi, una riduzione della velocità apparente. Questa situazione può manifestarsi più frequentemente là dove si eseguano letture per propagazione superficiale e per semitrasparenza, e/o in calcestruzzi la cui stagionatura ha indotto una diffusa microfessurazione da ritiro. Per quanto detto, quindi, molto spesso si adottano coefficienti maggiorativi della velocità per equiparare le letture superficiali e per semitrasparenza, generalmente più sensibili ai disturbi detti, a quelle per trasparenza. In letteratura i fattori correttivi assumono valori circa pari a 1.05 nel caso di semitrasparenza e compresi tra il 1,05 e 1,575 per le letture superficiali compiute, rispettivamente, su superfici prive di difetti superficiali o molto deteriorate. Per evitare l'uso di correlazioni empiriche, quindi, è sempre preferibile, ovviamente quando possibile, eseguire misure per trasparenza.

La presenza di armature lungo il percorso del suono, così come un elevato livello di imbibizione, possono determinare incrementi della velocità apparente. La velocità di trasmissione nell'acciaio è mediamente maggiore del 40% rispetto a quella del calcestruzzo; pertanto, specie se le armature sono disposte nella stessa direzione della trasmissione del segnale, si possono registrare velocità maggiori di quelle effettive.

MANDATARIA:

MANDANTI:

Altro fattore che può falsare di circa il 5% la velocità di propagazione del segnale è il contenuto di umidità presente nell'elemento che sarà crescente, all'aumentare del contenuto d'acqua presente.

E.5 METODO COMBINATO SONREB

Principi

Il metodo (SONREB) si basa sulla combinazione dei risultati ottenuti, nelle stesse zone di prova, con prove sclerometriche ed ultrasoniche, correlando l'indice di rimbalzo (REBound) con la velocità delle onde ultrasoniche (SONic), con la resistenza a compressione del calcestruzzo, attraverso una opportuna calibrazione della relazione che lega queste tre grandezze, effettuata mediante regressione statistica dei valori sperimentali. La validità del metodo SONREB deriva dalla compensazione delle imprecisioni dei due metodi non distruttivi utilizzati. Infatti, si è notato che il contenuto di umidità fa sottostimare l'indice sclerometrico e sovrastimare la velocità ultrasonica, e che, all'aumentare dell'età del calcestruzzo, l'indice sclerometrico aumenta mentre la velocità ultrasonica diminuisce. La correlazione tra la resistenza e l'indice di rimbalzo e la velocità ultrasonica si esprime, generalmente, mediante la seguente formula:

$$R_c = a * I_r^b * V^c$$

- R_c è la resistenza stimata associata al punto indagato
- a , b , c sono i coefficienti che consentono correlare al meglio i dati sperimentali diretti
- V è la velocità ultrasonica
- I_r è l'indice di rimbalzo

Esecuzione

Eseguendo delle prove di compressione su campioni prelevati negli stessi punti in cui sono state eseguite le prove non distruttive, si determinano i valori da assegnare ai tre coefficienti, così da poter utilizzare la formula sopra detta in tutti gli altri punti in cui non si eseguono indagini

MANDATARIA:

MANDANTI:

distruttive. Questa operazione è stata svolta da diversi autori che hanno determinato i coefficienti che meglio approssimano i risultati delle prove SONREB con quelli delle prove di compressione. Tali valori, però, dipendono fortemente dalle caratteristiche, principalmente di composizione, dei calcestruzzi indagati nel corso delle singole ricerche ed infatti essi cambiano anche sensibilmente da autore ad autore. È pertanto opportuno, se non necessario, eseguire la calibrazione dei coefficienti a, b, c sulla base di prove a compressione eseguite su un certo numero di carote, ovviamente inferiore al numero di punti indagati (ad esempio pari a ¼), mediante regressione statistica che minimizzi gli scarti (ad esempio tramite l'ausilio di fogli elettronici preprogrammati). Qualora il numero di risultati di prove di compressione su carote sia limitato, si può ricorrere a formulazioni proposte in letteratura, individuando quella che meglio si adatta ai risultati delle prove a rottura o ritardando il solo coefficiente a.

Avvertenze/Raccomandazioni

È importante utilizzare la massima cautela nel definire quali siano gli eventuali valori, e quindi punti di indagine, da non considerare nelle correlazioni. Un' eccessiva differenza tra il valore medio e quello considerato spesso è indice di anomalie imputabili ad una cattiva esecuzione della prova, sia essa di tipo di distruttivo che non distruttivo.

E.6 VERIFICHE PACOMETRICHE

Principi

Consistono nella misura del campo magnetico determinato dalla presenza di armature di acciaio in vicinanza della superficie del calcestruzzo degli elementi strutturali. Tali prove consentono di "leggere", in proiezione sulla superficie di calcestruzzo, la posizione delle armature, così da consentire una stima della misura dell'interfero e del copriferro delle armature longitudinali, presenti nel piano parallelo al piano d'indagine, e del passo delle staffe.

Esecuzione

MANDATARIA:

MANDANTI:

L'utilizzo del pacometro, come strumento di prova non distruttivo, è regolato dalle norme BS 1881:204. Su ogni faccia delle superfici di calcestruzzo è individuabile la posizione delle barre di armatura. Ripetendo l'operazione su più sezioni dell'elemento, e disegnando sulla superficie dello stesso, mediante una matita o altro, una retta che passi per i punti individuati, sarà possibile tracciare il reticolo delle armature presenti in vicinanza della superficie indagata.

Avvertenze/Raccomandazioni

La prova pacometrica consente anche di individuare le zone dell'elemento prive di armatura nelle quali eseguire le indagini finalizzate alla conoscenza delle caratteristiche del calcestruzzo, quali, ad esempio, il prelievo di carote, le prove sclerometriche e quelle ultrasoniche. Ne consegue che l'indagine pacometrica deve essere preliminare a qualsiasi altro tipo di indagine, distruttiva e non, condotta su elementi in cemento armato.

In funzione del tipo di strumento, noto il copriferro, è anche determinabile il diametro delle barre di armatura. Si sottolinea che gli abachi standardizzati a corredo di alcuni pacometri, indicanti il diametro delle armature in funzione del copriferro (trasversale al piano su cui si sta lavorando), devono esser utilizzati con molta cautela, a causa dell'elevata incertezza sulla conoscenza del reale spessore del copriferro presente in corrispondenza di ciascuna barra posta in opera. È auspicabile che tale operazione venga eseguita abbinando dei saggi sul calcestruzzo atti ad accertare il reale valore del copriferro. Si ricorda che tali indagini dovranno essere eseguite previa rimozione dell'intonaco, salvo quando l'indagine pacometrica abbia solo la finalità di individuare la posizione delle armature.

MANDATARIA:

MANDANTI:

E.7 PROSPEZIONI CON GEORADAR

Il georadar, noto in letteratura anche con il termine GPR (Ground Penetrating Radar), è un sistema di indagine basato sulla riflessione delle onde elettromagnetiche. Utilizza un'antenna trasmittente che invia degli impulsi elettromagnetici ad alta frequenza (radio frequenze) nell'elemento da indagare, e un'antenna ricevente che registra il tempo e l'intensità di eventuali riflessioni del segnale causate da discontinuità intercettate durante il percorso. I programmi di post-processing permettono di realizzare le cosiddette time-slices, ovvero mappe di anomalie a diverse profondità.

La profondità di investigazione e la risoluzione dipendono dalla frequenza delle onde elettromagnetiche immesse, oltre che dalle caratteristiche fisiche dei materiali attraversati: all'aumentare della frequenza, la risoluzione aumenta e la profondità di investigazione diminuisce.

E.8 ISPEZIONI ENDOSCOPICHE

La prova consiste nell'effettuare una ispezione visiva diretta di un punto della struttura mediante un videoendoscopio a fibre ottiche inserito in un foro di piccolo diametro (min 14 mm) appositamente praticato.

MANDATARIA:

MANDANTI: