



Unione Europea
REPUBBLICA ITALIANA
Regione Siciliana
Assessorato Infrastrutture e Mobilità
Dipartimento Regionale Tecnico
Ufficio del Genio Civile di Agrigento

PROGETTO DEL SERVIZIO

Ai sensi dell'art. 23 commi 14 e 15 del D.Lgs.50/2016 e s.m.i.

Affidamento per la progettazione definitiva ed esecutiva, studio geologico, sicurezza in fase di progettazione, indagini geologiche, geognostiche e prove di laboratorio, per i lavori di ammodernamento strade provinciali di collegamento tra la S.S.115 e la S.S.118, a servizio dei comuni della montagna "Strada Mare-Monti"-

9_ Prove di laboratorio sui terreni, sui materiali e prove di carico statiche sui ponti

Allegati:

- Relazione illustrativa_inquadramento territoriale
- Elenco prezzi
- Computo metrico estimativo
- CSA Prove di laboratorio sui terreni, sui materiali e prove di carico statiche sui ponti -

**Redattori
del progetto del servizio**

Dott. Gerlando Sciumè

Geom. Salvatore Alessi

**Redattore del progetto del servizio e
Responsabile Unico del Procedimento**
Ing. R. Sebastiano Mistretta

Il Geologo
Dott. Biagio Spalma



**Progetto del servizio per l'affidamento della progettazione definitiva ed esecutiva, studio geologico e sicurezza in fase di progettazione per i lavori di ammodernamento strade provinciali di collegamento tra la S.S.115 e la S.S.118, a servizio dei comuni della montagna
"Strada Mare-Monti"**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Prove di laboratorio sui terreni, sui materiali e prove di carico statiche sui ponti

Prove di laboratorio sui terreni, sui materiali e prove di carico statiche sui ponti

Il presente progetto riguarda l'esecuzione dei seguenti servizi:

(A) PROVE DI LABORATORIO SUI TERRENI

Le prove di laboratorio sui terreni riguardano il programma di indagini geognostiche integrative, oggetto di sub-appalto separato, al fine poter inquadrare in maniera più dettagliata ed univoca l'assetto strutturale e fisico meccanico dei terreni che saranno interessati dalle opere previste, in considerazioni della nuova normativa vigenti in materia.

Le prove da eseguire sui campioni indisturbati sono in sintesi di seguito riportati:

1. Composizione granulometrica
2. Contenuto d'acqua naturale
3. Peso dell'unità di volume
4. Caratteristiche meccaniche

(B) PIANO INDAGINI STRUTTURALI

L'asse viario in progetto prevede per diversi tratti il collegamento con la viabilità delle strade provinciali esistenti; nelle S.P. n 61 e 32 sono presenti due ponti che attraversano il fiume Magazzolo che s'intendono riutilizzare previa verifica strutturale ed il loro adeguamento alla normativa vigente.

Al fine di condurre le analisi strutturali per la valutazione delle condizioni di sicurezza delle opere, nel rispetto delle Norme Tecniche DM 17.01.2018, e progettare eventuali interventi di risanamento e di rinforzo nell'ambito dell'ammodernamento viario, occorre procedere con opportune analisi investigative che mettano in luce lo stato di conservazione degli elementi strutturali, i punti critici di introduzione degli agenti aggressivi, la resistenza dei materiali strutturali ed infine l'entità dei fenomeni di ammaloramento in atto.

L'esecuzione dei servizi richiesti, rientrano nelle seguenti principali categorie:

Indagini con pacometro;

Indagini con sclerometro;

Indagini con onde ultrasoniche;

Indagini SonReb;

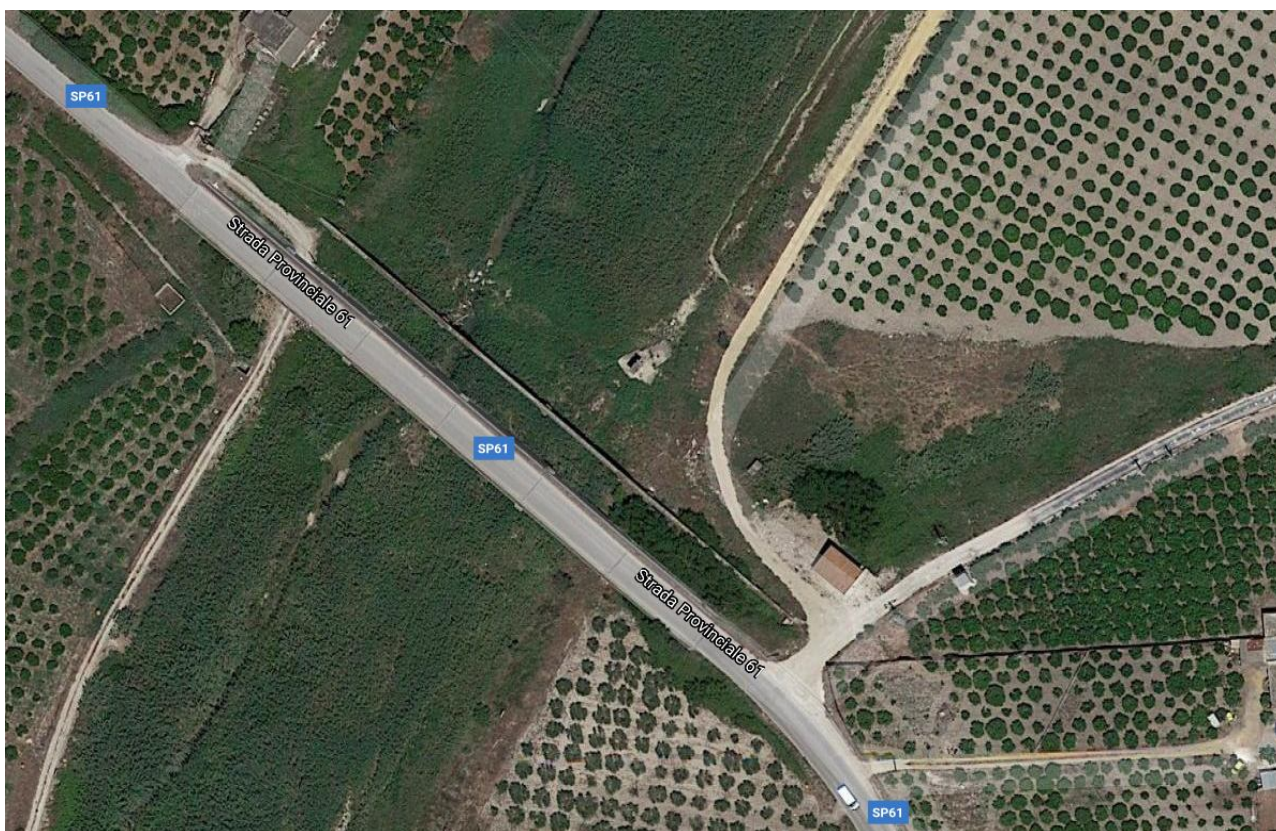
Ispezioni ed indagini di impalcato da ponte;

Carotaggi e relative prove di laboratorio;

Rilievo magnetico delle barre di armatura strutturale;

Prelievo di campioni di barre di armatura e relative prove di laboratorio;
Prove di carbonatazione;
Prove statiche su ponti;
Prove dinamiche su ponti.

Ponte n. 1_ S.P. n. 61_ L'asse in progetto si posiziona sul tronco della S.P. 61 Cattolica-Ribera, intercettato dalla S.P. 57 fino al Ponte sul Magazzolo ed alla immediata successiva intersezione con la Strada Provinciale Consortile SPC 18. Tale tratto scavalca il fiume Magazzolo con ponte a più campate che verrà riutilizzato e messo a norma.

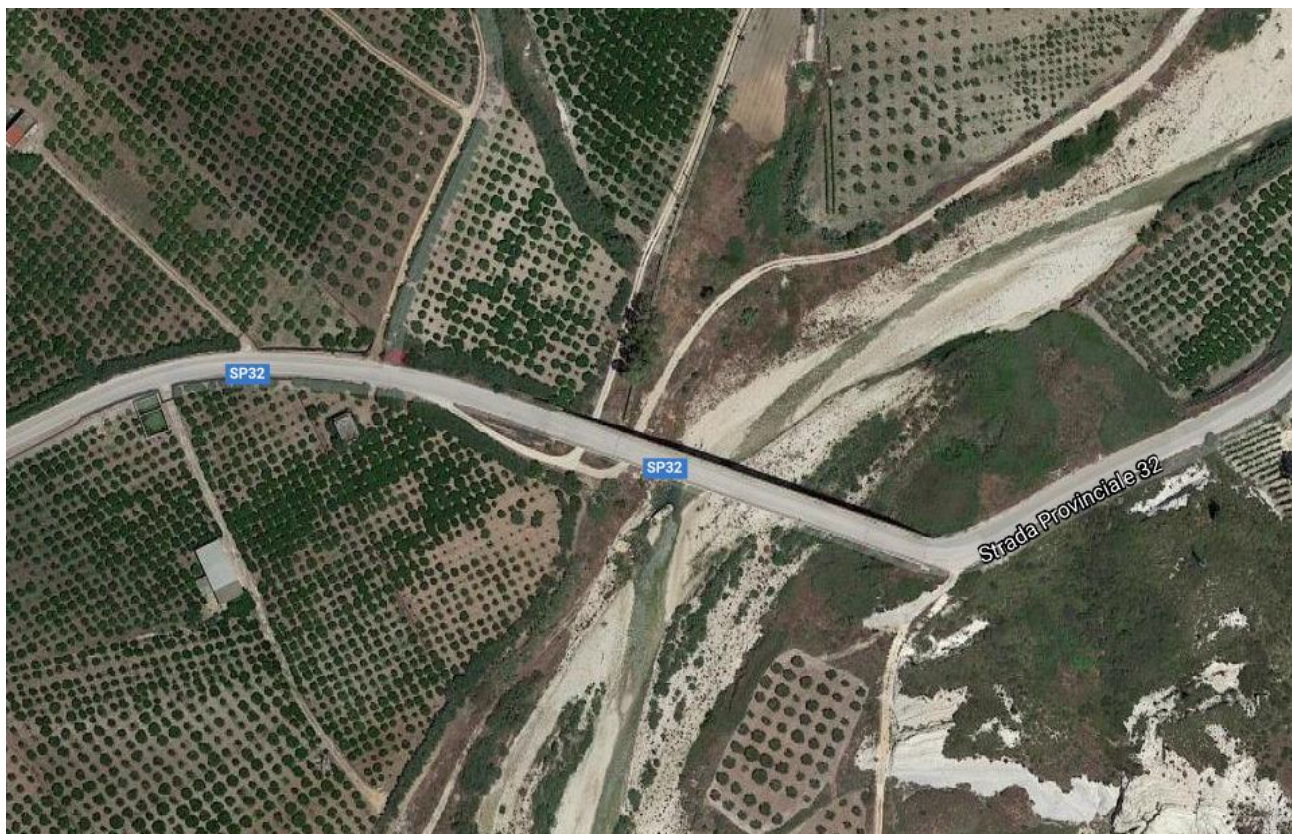


Coordinate 37.46476, 13.28556 – Lunghezza ponte m. 150,00 c.a.



Coordinate 37.486868, 13.301722 – Lunghezza ponte m. 150,00 c.a. – n. 6 campate -

Ponte n. 2 _ S.P. 32 Ribera - Cianciana. Il nuovo tracciato prosegue intercettando la S.P. 32 Ribera – Cianciana immediatamente a destra del fiume Magazzolo. L'attraversamento del fiume è stato realizzato tramite ponte a 6 campate con impalcato in c.a.p., della sezione compatibile con l'intervento in oggetto. Pertanto non si prevede un ulteriore viadotto, utilizzando l'esistente, con gli adeguamenti previsti di normativa e previa verifica delle condizioni statiche. L'asse si colloca sulla stessa S.P. 32 fino all'innesto con la intercomunale Lucca Siculo-Cianciana.



Coordinate 37.486868, 13.301722 – Lunghezza ponte m. 150,00 c.a.

Per la redazione del computo metrico estimativo, i prezzi unitari sono stati desunti dal prezzario unico 2019 per i lavori pubblici nella Regione Siciliana relativamente al capitolo “*Indagini e prove di laboratorio*” e del Listino Prezzi ANAS 2019 “*prove, indagini e monitoraggio*” per le prove di laboratorio sui materiali e di carico statiche sui Ponti.

L'importo complessivo del servizio ammonta ad €149.299,05, con il seguente quadro economico di spesa:

Quadro Economico di spesa

Descrizione	Importo
(A) Prove di laboratorio sui terreni	€ 55.069,95
(B) Prove di laboratorio sui materiali e di carico statiche sui Ponti	€ 63.863,70
SOMMANO	€ 118.933,65
SOMME A DISPOSIZIONE AMMINISTRAZIONE	
Per Iva 22%	€ 26.165,40
Per imprevisti	€ 4.200,00
TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE AMMINISTRAZIONE	€ 30.365,40
IMPORTO COMPLESSIVO	€ 149.299,05

**Redattori
del progetto del servizio**

Dott. Gerlando Sciumè



Geom. Salvatore Alessi



**Redattore del progetto del servizio e
Responsabile Unico del Procedimento**

Ing. R. Sebastiano Mistretta



Il Geologo

Dott. Biagio Spalma



Ufficio del Genio Civile di Agrigento

ELENCO PREZZI

OGGETTO

Affidamento per la progettazione definitiva ed esecutiva, studio geologico, sicurezza in fase di progettazione, indagini geologiche, geognostiche e prove di laboratorio, per i lavori di ammodernamento strade provinciali di collegamento tra la S.S.115 e la S.S.118, a servizio dei comuni della montagna "Strada Mare-Monti"-

Prove di laboratorio sui terreni, sui materiali e prove di carico statiche sui ponti

COMMITTENTE

Ufficio del Genio Civile di Agrigento

Ufficio del Genio Civile di Agrigento				Pag. 1
N.E.P.	Codice Art.	DESCRIZIONE	Unità Misura	Prezzo Unit
		Voci Finite senza Analisi		
120.7.1		Apertura di campione contenuto in fustella cilindrica mediante estrusione, compreso il riconoscimento e la descrizione del campione di roccia sciolta o lapidea compresa la fotografia in doppia copia del campione, analisi preliminare (ASTM D2487-11; ASTM D2488-09a; Raccomandazioni AGI 1977): - per ogni campione EURO DICIANNOVE/10	€cadauno	19,10
220.7.3		Determinazione del contenuto d'acqua naturale per essiccamento in stufa, da effettuare sulla media di almeno 3 provini: (ASTM D 2216 10; UNI CEN ISO/TS 17892-1:2005): - per ogni determinazione EURO NOVE/24	€cadauno	9,24
320.7.5		Determinazione del peso specifico dei granuli (ASTM D854-10) (effettuare sulla media su due valori):- per ogni determinazione EURO QUARANTAUNO/20	€cadauno	41,20
420.7.9		Analisi granulometrica mediante stacciatura a secco (ASTM D 422-63 (2002)e1; UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005), su campioni di peso non superiore a 5 kg, con un massimo di 8 vagli: - per ogni analisi EURO QUARANTAQUATTRO/18	€cadauno	44,18
520.7.4		Determinazione del peso dell'unità di volume allo stato naturale mediante fustella tarata di diametro Ø 38 mm, da effettuare sulla media di 3 provini (BS 1377-90). - per ogni determinazione EURO UNDICI/77	€cadauno	11,77
620.7.8		Determinazione del peso di volume con bilancia idrostatica, compresa l'eventuale operazione di paraffinatura (ASTM D 1188-96 (2002)e1; UNI CEN ISO/TS 17892-2/2005). - per ogni determinazione EURO QUATTORDICI/46	€cadauno	14,46
720.7.15		Determinazione dei limiti di liquidità e di plasticità congiuntamente (ASTM D 4318-10; CNR UNI 10014/1964; UNI CEN ISO/TS 17892-12/2005). - per ogni determinazione EURO CINQUANTASETTE/42	€cadauno	57,42
820.7.36		Prova di rottura per compressione semplice non confinata (ELL) (ASTM D 2166-06; UNI CEN ISO/TS 17892-7/2005) con rilievo e diagrammazione della curva tensioni – deformazioni. EURO QUARANTAUNO/20	€cadauno	41,20
920.7.37.2		Prova di taglio diretto, (ASTM D 3080-04; UNI CEN ISO/TS 17892-10/2005) da eseguire su n.3 provini con scatola di Casagrande in condizione consolidata – drenata (CD) con rilievo e diagrammazione delle curve cedimenti/tempo e tensioni – deformazioni. Per ogni prova su tre provini Per ogni provino oltre i primi tre con velocità di rottura compresa tra 0,02 mm/min e 0,002 mm/min EURO CENTOVENTI/14	€cadauno	120,14
1020.7.40		Prova triassiale consolidata - non drenata (CIU) da effettuare su n. 3 provini di diametro <= 38 mm, altezza <= 76 mm, con saturazione preliminare mediante back pressure e misura delle pressioni interstiziali durante la fase di rottura (ASTM D 4767-11; UNI CEN ISO/TS 17892-9/2005). - per ogni prova su tre provini - per ogni provino oltre i primi tre EURO DUECENTOCINQUANTA/76	€cadauno	250,76
11	IG.02.010	RESISTENZA A COMPRESSIONE DI PROVINI CUBICI O CILINDRICI per ogni provino EURO OTTO/50	€cadauno	8,50

Ufficio del Genio Civile di Agrigento					Pag. 2
N.E.P.	Codice Art.	DESCRIZIONE	Unità Misura	Prezzo Unit	
12	IG.02.015	RETTIFICA DI CUBETTI E CAROTE per ogni provino. EURO TREDICI/00	€/cadauno	13,00	
13	IG.02.215	DETERMINAZIONE DELL'INDICE SCLEROMETRICO (Per postazione) -Per determinazione indice SonReb - EURO VENTICINQUE/50	€/cadauno	25,50	
14	IG.02.220	DETERMINAZIONE DELLA VELOCITA' DI PROPAGAZIONE DEGLI ULTRASUONI (per postazione) - Per determinazione indice SonReb - EURO TRENTACINQUE/00	€/cadauno	35,00	
15	IG.02.225	CORRELAZIONE SCLEROMETRO /ULTRASUONI - Per determinazione indice SonReb - EURO VENTITRE/00	€/cadauno	23,00	
16	IG.02.485	DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI CLORURI EURO TRENTASEI/00	€/cadauno	36,00	
17	IG.02.500.A	PROVA DI TRAZIONE SU TONDI LISCI OD ADERENZA MIGLIORATA con determinazione dell'area della sezione dei carichi di snervamento e di rottura e dell'allungamento percentuale a rottura. Per ogni provino fino a 16 mm. - EURO TREDICI/00	€/cadauno	13,00	
18	O.02.001.B	PRELIEVO DI CAMPIONI DI CALCESTRUZZO CEMENTIZIO DI DIAMETRO COMPRESO TRA 60 E 100 MM E LUNGHEZZA FINO A 400 MM mediante carotaggio continuo con corona diamantata e con circolazione d'acqua. I prelievi saranno effettuati in conformità con la norma UNI EN 12504-1 "Prove su calcestruzzo nelle strutture - Carote - Prelievo, esame e prova di compressione". Nel prezzo è compreso il ripristino della sezione carotata con malta fibrorinforzata a ritiro controllato. EURO CENTOVENTI/76	€/cadauno	120,76	
19	O.02.005	RILIEVO MAGNETICO DELLE BARRE DI ARMATURA DI ELEMENTI STRUTTURALI IN CALCESTRUZZO ARMATO mediante pacometro a scansione tipo Hilti Ferroskan, in grado restituire graficamente la posizione delle barre individuate con livelli di grigio di intensità dipendente dalla profondità e dal diametro; à" compresa l'esecuzione di eventuali saggi locali per la verifica del diametro delle barre di armatura; i rilievi eseguiti saranno restituiti in apposite schede in cui verranno fornite le immagini scansionate e riportate graficamente le dimensioni di carpenteria, e le posizioni e i diametri delle barre individuate. I rilievi magnetici saranno effettuati in conformità con la norma BS 1881-204 "Testing concrete. Recommendations on the use of electromagnetic covermeters" EURO CENTOOTTANTASETTE/00	€/metro quadrato	187,00	
20	O.02.010	VALUTAZIONE DELLO SPESSORE DELLO STRATO DI CLS CARBONATATO su carote mediante il metodo del viraggio chimico, utilizzando come indicatore una soluzione di fenoltaleina all'1% in alcool etilico, in conformità alla norma UNI 9944: "Corrosione protezione dell'armatura del calcestruzzo - Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloruro nel calcestruzzo". Nel prezzo è compresa l'elaborazione dei dati rilevati e la presentazione dei risultati. Da effettuare su carote estratte EURO VENTINOVE/74	€/cadauno	29,74	
21	O.02.020	PRELIEVO DI CAMPIONI DI BARRA DI ARMATURA di lunghezza pari ad almeno 60 cm, mediante rimozione del copriferro e taglio delle barre; è compreso il ripristino della sezione mediante saldatura di una barra di uguale diametro agli spezzoni residui di quella prelevata, richiusura e saldatura delle barre trasversali eventualmente tagliate e ricostruzione del copriferro con malta fibrorinforzata a ritiro controllato. EURO DUECENTONOVANTASETTE/50	€/cadauno	297,50	
22	O.02.030.A	PROVE DI CARICO STATICO con misura degli spostamenti verticali e delle			

Ufficio del Genio Civile di Agrigento				Pag. 3
N.E.P.	Codice Art.	DESCRIZIONE	Unità Misura	Prezzo Unit
		<p>deformazioni ed elaborazione dei risultati, su impalcati da ponte o viadotti, secondo le modalità e le indicazioni del collaudatore e nel rispetto della normativa vigente, con applicazione di carichi statici verticali costituiti da una o più file di autocarri di pesi e dimensioni note da compensare a parte, e misura degli spostamenti verticali e delle deformazioni. La messa in carico dell'opera sarà organizzata secondo differenti configurazioni di carico dipendenti dallo schema statico dell'opera, ciascuna costituita da un ciclo di carico e scarico completo. Gli spostamenti verticali saranno rilevati con strumentazione in grado di garantire una risoluzione adeguata (generalmente 1% del massimo spostamento atteso), come minimo in corrispondenza di 6 punti di misura ubicati sulle sezioni trasversali di appoggio e di mezzeria. Ove necessario, le deformazioni saranno rilevate in corrispondenza delle sezioni più significative mediante strumentazione in grado di garantire una risoluzione di almeno 2 2 me..(2 x 10-6). Nel prezzo è esclusa la fornitura del carico di prova, ed è compresa la redazione di un rapporto comprensivo di: rappresentazione grafica degli schemi di carico di ciascuna configurazione, fornitura dei carichi assiali di ciascun autocarro utilizzato, presentazione in forma tabellare e grafica degli spostamenti e delle deformazioni misurate</p> <p>Per tutte le cofigurazioni</p> <p style="text-align: right;">EURO MILLEOTTOCENTO/00</p>	€cadauno	1.800,00
23	O.02.030.B	<p>PROVE DI CARICO STATICO (per ogni configurazione di carico successiva) con misura degli spostamenti verticali e delle deformazioni ed elaborazione dei risultati, su impalcati da ponte o viadotti, secondo le modalità e le indicazioni del collaudatore e nel rispetto della normativa vigente, con applicazione di carichi statici verticali costituiti da una o più file di autocarri di pesi e dimensioni note da compensare a parte, e misura degli spostamenti verticali e delle deformazioni. La messa in carico dell'opera sarà organizzata secondo differenti configurazioni di carico dipendenti dallo schema statico dell'opera, ciascuna costituita da un ciclo di carico e scarico completo. Gli spostamenti verticali saranno rilevati con strumentazione in grado di garantire una risoluzione adeguata (generalmente 1% del massimo spostamento atteso), come minimo in corrispondenza di 6 punti di misura ubicati sulle sezioni trasversali di appoggio e di mezzeria. Ove necessario, le deformazioni saranno rilevate in corrispondenza delle sezioni più significative mediante strumentazione in grado di garantire una risoluzione di almeno 2 2 me..(2 x 10-6). Nel prezzo è esclusa la fornitura del carico di prova, ed è compresa la redazione di un rapporto comprensivo di: rappresentazione grafica degli schemi di carico di ciascuna configurazione, fornitura dei carichi assiali di ciascun autocarro utilizzato, presentazione in forma tabellare e grafica degli spostamenti e delle deformazioni misurate per ogni configurazione di carico successiva del medesimo viadotto</p> <p style="text-align: right;">EURO NOVECENTO/00</p>	€cadauno	900,00
24	O.02.035.A	<p>PROVA DI CARICO DINAMICO con identificazione dei parametri modali, su impalcati da ponte con identificazione dei parametri modali (frequenze deformate e smorzamenti) di almeno i primi 4 modi di vibrazione; secondo le modalità e le indicazioni del collaudatore e nel rispetto della normativa vigente con particolare riferimento alla norma uni 10985 "ponti e viadotti - linee guida per l'esecuzione di prove e rilievi dinamici". Le acquisizioni dinamiche saranno effettuate sotto l'azione di una o più delle seguenti forzanti: traffico ordinario, traffico regolamentato (autocarro di caratteristiche note transitante a velocità differenti) con o senza dosso artificiale, impulsi opportunamente applicati (masse in caduta libera), ecc. Le vibrazioni della struttura saranno acquisite mediante una rete di accelerometri di sensibilità superiore a 1 v/g, procedendo con una frequenza di campionamento non inferiore a 200 hz/canale previo filtraggio analogico passa-basso ad una frequenza di taglio di 40 hz, e per una durata totale tale da garantire la significatività del campione rilevato. I sensori accelerometrici saranno installati secondo una o più configurazioni strumentali, in funzione dello schema statico dell'opera. I segnali rilevati saranno elaborati nel dominio delle frequenza secondo le tecniche dell'analisi spettrale classica, con l'obiettivo di identificare le caratteristiche dei primi modi di vibrazione, in termini di deformate, frequenze e smorzamenti. Nel prezzo è compresa la redazione di un rapporto comprensivo di: rappresentazione grafica di ciascuna configurazione strumentale, presentazione dei parametri modali identificati in forma tabellare e grafica per una configurazione</p>		

Ufficio del Genio Civile di Agrigento				Pag. 4
N.E.P.	Codice Art.	DESCRIZIONE	Unità Misura	Prezzo Unit
		costituita da 2 accelerometri EURO MILLENOVECENTODODICI/50	€cadauno	1.912,50
25	Q.08.028.A	ISPEZIONE VISIVA DI DETTAGLIO DI PONTI E VIADOTTI Conformemente a quanto descritto nel CSA e consistente in: - ispezione visiva ravvicinata con eventuali spicconatura, martellamento e battute sclerometriche, a contatto di mano con l'impiego di mezzi di accesso speciali (da pagarsi con apposita voce di elenco); - rilievo, valutazione e documentazione fotografica dei difetti presenti necessari per verificare lo stato di conservazione degli elementi strutturali; - eventuali proiezioni endoscopiche o altre tipi indagini sono da pagarsi con apposita voce di elenco; Per ogni opera, redazione di una relazione tecnico-descrittiva sulle risultanze delle ispezioni, comprensiva di schemi grafici e documentazione fotografica. - ispezione delle superfici di estradosso e di intradosso degli impalcati, degli apparecchi di giunto e di appoggio, dei pulvini e della base delle pile e delle spalle raggiungibili a piedi; - ispezione visiva da terra del fusto delle pile e delle spalle eventualmente con l'ausilio di un natante da pagarsi con apposita voce di elenco. EURO QUINDICI/72	€metro	15,72
26	Q.08.028.B	PER ISPEZIONE VISIVA DI DETTAGLIO DI PILE E SPALLE - ispezione visiva ravvicinata del fusto di pile e spalle fino ad un'altezza di circa 20 mt dal p.c. conformemente a quanto descritto nel CSA. Per ogni pila e/o spalla. EURO DUECENTOTRENTACINQUE/75	€cadauno	235,75
27	SL.1.001.O	NOLO DI AUTOCARRO (By_bridge) munito di ponte mobile sviluppabile (By_bridge), compreso DI manovratore, carburante, segnaletica stradale e quant'altro occorrente per eseguire ispezione visiva di dettaglio di ponti e viadotti. EURO CENTOQUATTRO/26	€ora	104,26
28	IG.02.500.B	PROVA DI TRAZIONE SU TONDI LISCI OD ADERENZA MIGLIORATA con determinazione dell'area della sezione dei carichi di snervamento e di rottura e dell'allungamento percentuale a rottura. Per ogni provino - Diametro superiore a 16 mm. - EURO QUINDICI/00	€cadauno	15,00
29	SL.1.001.E	AUTOCARRO DELLA PORTATA SUPERIORE A 180 Q.LI Anche a cassa ribaltabile, compresi conducenti, carburante ed ogni altro onere. EURO SESSANTACINQUE/81	€ora	65,81

Ufficio del Genio Civile di Agrigento

Lavori di collegamento tra la S.S.189 - S.S.118 - S.S.115 a servizio dei comuni della montagna "Strada Mare-Monti" - Tratto S.S. 115 - S.S.118 –

COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

Prove di laboratorio sui terreni, sui materiali e prove di carico statiche sui ponti

COMMITTENTE

Ufficio del Genio Civile di Agrigento

Ufficio del Genio Civile di Agrigento					Pag.1
N°	N.E.P.	DESCRIZIONE	Quantita'	Prezzo Unit.	Importo
		Prove di laboratorio sui terreni			
1		20.7.1 Apertura di campione contenuto in fustella cilindrica mediante estrusione, compreso il riconoscimento e la descrizione del campione di roccia sciolta o lapidea compresa la fotografia in doppia copia del campione, analisi preliminare (ASTM D2487-11; ASTM D2488-09a; Raccomandazioni AGLI 1977): - per ogni campione n. 30*2	60,000		
		SOMMANO cad =	60,000	19,10	1.146,00
2		20.7.3 Determinazione del contenuto d'acqua naturale per essiccamento in stufa, da effettuare sulla media di almeno 3 provini: (ASTM D 2216 10; UNI CEN ISO/TS 17892-1:2005): - per ogni determinazione n. 31*25.00/5.00*3	465,000		
		SOMMANO cad =	465,000	9,24	4.296,60
3		20.7.4 Determinazione del peso dell'unità di volume allo stato naturale mediante fustella tarata di diametro Ø 38 mm, da effettuare sulla media di 3 provini (BS 1377-90). - per ogni determinazione n. 31*25.00/5.00*3	465,000		
		SOMMANO cad =	465,000	11,77	5.473,05
4		20.7.5 Determinazione del peso specifico dei granuli (ASTM D854-10) (effettuare sulla media su due valori):- per ogni determinazione n. 31*25.00/5.00	155,000		
		SOMMANO cad =	155,000	41,20	6.386,00
5		20.7.9 Analisi granulometrica mediante stacciatura a secco (ASTM D 422-63 (2002)e1; UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005), su campioni di peso non superiore a 5 kg, con un massimo di 8 vagli: - per ogni analisi n. 31*25.00/5.00	155,000		
		SOMMANO cad =	155,000	44,18	6.847,90
6		20.7.8 Determinazione del peso di volume con bilancia idrostatica, compresa l'eventuale operazione di paraffinatura (ASTM D 1188-96 (2002)e1; UNI CEN ISO/TS 17892-2/2005). - per ogni determinazione n. 60	60,000		
		SOMMANO cad =	60,000	14,46	867,60
7		20.7.15 Determinazione dei limiti di liquidità e di plasticità congiuntamente (ASTM D 4318-10; CNR UNI 10014/1964; UNI CEN ISO/TS 17892-12/2005). - per ogni determinazione n. 60/2	30,000		
		SOMMANO cad =	30,000	57,42	1.722,60
8		20.7.36 Prova di rottura per compressione semplice non confinata (ELL) (ASTM D 2166-06; UNI CEN ISO/TS 17892-7/2005) con rilievo e diagrammazione della curva tensioni – deformazioni. n. 60	60,000		
		SOMMANO cad =	60,000	41,20	2.472,00
		A RIPORTARE			29.211,75

Ufficio del Genio Civile di Agrigento					Pag.2
N°	N.E.P.	DESCRIZIONE	Quantita'	Prezzo Unit.	Importo
9		RIPORTO 20.7.37.2 Prova di taglio diretto, (ASTM D 3080-04; UNI CEN ISO/TS 17892-10/2005) da eseguire su n.3 provini con scatola di Casagrande in condizione consolidata – drenata (CD) con rilievo e diagrammazione delle curve cedimenti/tempo e tensioni – deformazioni. Per ogni prova su tre provini Per ogni provino oltre i primi tre con velocità di rottura compresa tra 0,02 mm/min e 0,002 mm/min n. 60/2*3	90,000	120,14	29.211,75
		SOMMANO cad =	90,000		10.812,60
10		20.7.40 Prova triassiale consolidata - non drenata (CIU) da effettuare su n. 3 provini di diametro <= 38 mm, altezza <= 76 mm, con saturazione preliminare mediante back pressure e misura delle pressioni interstiziali durante la fase di rottura (ASTM D 4767-11; UNI CEN ISO/TS 17892-9/2005). - per ogni prova su tre provini - per ogni provino oltre i primi tre n. 60*3/3	60,000	250,76	15.045,60
		SOMMANO cad =	60,000		
		1) Totale Prove di laboratorio sui terreni			55.069,95
		A RIPORTARE			55.069,95

Ufficio del Genio Civile di Agrigento					Pag.3
N°	N.E.P.	DESCRIZIONE	Quantita'	Prezzo Unit.	Importo
		RIPORTO			55.069,95
11		Prove di laboratorio sui materiali e di carico statiche sui Ponti Q.08.028.A ISPEZIONE VISIVA DI DETTAGLIO DI PONTI E VIADOTTI Conformemente a quanto descritto nel CSA e consistente in: - ispezione visiva ravvicinata con eventuali spicconatura, martellamento e battute sclerometriche, a contatto di mano con l'impiego di mezzi di accesso speciali (da pagarsi con apposita voce di elenco); - rilievo, valutazione e documentazione fotografica dei difetti presenti necessari per verificare lo stato di conservazione degli elementi strutturali; - eventuali proiezioni endoscopiche o altre tipi indagini sono da pagarsi con apposita voce di elenco; Per ogni opera, redazione di una relazione tecnico-descrittiva sulle risultanze delle ispezioni, comprensiva di schemi grafici e documentazione fotografica. - ispezione delle superfici di estradosso e di intradosso degli impalcati, degli apparecchi di giunto e di appoggio, dei pulvini e della base delle pile e delle spalle raggiungibili a piedi; - ispezione visiva da terra del fusto delle pile e delle spalle eventualmente con l'ausilio di un natante da pagarsi con apposita voce di elenco. S.P. 61 Ponte sul fiume Magazzolo - L= 150,00 mt. c.a. 150.00 S.P. 57 Ponte sul fiume Magazzolo - L= 160,00 mt. c.a. 160.00 <div style="text-align: right;">SOMMANO m =</div>	<div style="text-align: right;">150,000</div> <div style="text-align: right;">160,000</div> <div style="text-align: right;">310,000</div>	15,72	4.873,20
12		Q.08.028.B PER ISPEZIONE VISIVA DI DETTAGLIO DI PILE E SPALLE - ispezione visiva ravvicinata del fusto di pile e spalle fino ad un'altezza di circa 20 mt dal p.c. conformemente a quanto descritto nel CSA. Per ogni pila e/o spalla. S.P. 61 Ponte sul fiume Magazzolo - L= 150,00 mt. c.a. n. 5+2 S.P. 57 Ponte sul fiume Magazzolo - L= 160,00 mt. c.a. n. 5+2 <div style="text-align: right;">SOMMANO cad =</div>	<div style="text-align: right;">7,000</div> <div style="text-align: right;">7,000</div> <div style="text-align: right;">14,000</div>	235,75	3.300,50
13		SL.1.001.O NOLO DI AUTOCARRO (By_bridge) munito di ponte mobile sviluppabile (By_bridge), compreso di manovratore, carburante, segnaletica stradale e quant'altro occorrente per eseguire ispezione visiva di dettaglio di ponti e viadotti. S.P. 61 Ponte sul fiume Magazzolo - L= 150,00 mt. c.a. h. 8*gg. 2 S.P. 57 Ponte sul fiume Magazzolo - L= 160,00 mt. c.a. h. 8*gg. 2 <div style="text-align: right;">SOMMANO h =</div>	<div style="text-align: right;">16,000</div> <div style="text-align: right;">16,000</div> <div style="text-align: right;">32,000</div>	104,26	3.336,32
14		O.02.001.B PRELIEVO DI CAMPIONI DI CALCESTRUZZO CEMENTIZIO DI DIAMETRO COMPRESO TRA 60 E 100 MM E LUNGHEZZA FINO A 400 MM mediante carotaggio continuo con corona diamantata e con circolazione d'acqua. I prelievi saranno effettuati in conformità con la norma UNI EN 12504-1 "Prove su calcestruzzo nelle strutture - Carote - Prelievo, esame e prova di compressione". Nel prezzo è compreso il ripristino della sezione carotata con malta fibrorinforzata a ritiro controllato. S.P. 61 Ponte sul fiume Magazzolo - L= 150,00 mt. c.a. <div style="text-align: center;">A RIPORTARE</div>			66.579,97

Ufficio del Genio Civile di Agrigento					Pag.4
N°	N.E.P.	DESCRIZIONE	Quantita'	Prezzo Unit.	Importo
		RIPORTO			66.579,97
		spalle			
		fondazione n. 1*2	2,000		
		elevazione n. 1*2	2,000		
		pile			
		fondazione n. 6	6,000		
		elevazione n. 6	6,000		
		pulvini n. 6	6,000		
		soletta n. 6	6,000		
		S.P. 57 Ponte sul fiume Magazzolo - L= 160,00 mt. c.a.			
		spalle			
		fondazione n. 1*2	2,000		
		elevazione n. 1*2	2,000		
		pile			
		fondazione n. 6	6,000		
		elevazione n. 6	6,000		
		pulvini n. 6	6,000		
		soletta n. 6	6,000		
		SOMMANO cad =	56,000	120,76	6.762,56
15		O.02.020			
		PRELIEVO DI CAMPIONI DI BARRA DI ARMATURA di lunghezza pari ad almeno 60 cm, mediante rimozione del copriferro e taglio delle barre; è compreso il ripristino della sezione mediante saldatura di una barra di uguale diametro agli spezzoni residui di quella prelevata, richiusura e saldatura delle barre trasversali eventualmente tagliate e ricostruzione del copriferro con malta fibrorinforzata a ritiro controllato.			
		[vedi art. IG.02.500.A pos.22 cad 24,000]	24,000		
		[vedi art. IG.02.500.B pos.23 cad 12,000]	12,000		
		SOMMANO cad =	36,000	297,50	10.710,00
16		IG.02.010			
		RESISTENZA A COMPRESSIONE DI PROVINI CUBICI O CILINDRICI per ogni provino			
		[vedi art. O.02.001.B pos.14 cad 56,000]	56,000		
		SOMMANO cad =	56,000	8,50	476,00
17		IG.02.015			
		RETTIFICA DI CUBETTI E CAROTE per ogni provino.			
		[vedi art. IG.02.010 pos.16 cad 56,000]	56,000		
		SOMMANO cad =	56,000	13,00	728,00
18		IG.02.215			
		DETERMINAZIONE DELL'INDICE SCLEROMETRICO (Per postazione)			
		- Per determinazione indice SonReb -			
		cad =	30,000	25,50	765,00
19		IG.02.220			
		DETERMINAZIONE DELLA VELOCITA' DI PROPAGAZIONE DEGLI ULTRASUONI (per postazione) - Per determinazione indice SonReb -			
		cad =	30,000	35,00	1.050,00
20		IG.02.225			
		CORRELAZIONE SCLEROMETRO /ULTRASUONI - Per determinazione indice SonReb -			
		cad =	30,000	23,00	690,00
21		IG.02.485			
		DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI CLORURI			
		[vedi art. O.02.001.B pos.14 cad 56,000]	56,000		
		SOMMANO cad =	56,000	36,00	2.016,00
		A RIPORTARE			89.777,53

N°	N.E.P.	DESCRIZIONE	Quantita'	Prezzo Unit.	Importo
		RIPORTO			89.777,53
22		IG.02.500.A PROVA DI TRAZIONE SU TONDI LISCI OD ADERENZA MIGLIORATA con determinazione dell'area della sezione dei carichi di snervamento e di rottura e dell'allungamento percentuale a rottura.Per ogni provino fino a 16 mm. - S.P. 61 Ponte sul fiume Magazzolo - L= 150,00 mt. c.a. n. 12 S.P. 57 Ponte sul fiume Magazzolo - L= 160,00 mt. c.a. n. 12	12,000 12,000	13,00	312,00
		SOMMANO cad =	24,000		
23		IG.02.500.B PROVA DI TRAZIONE SU TONDI LISCI OD ADERENZA MIGLIORATA con determinazione dell'area della sezione dei carichi di snervamento e di rottura e dell'allungamento percentuale a rottura.Per ogni provino - Diametro superiore a 16 mm. - S.P. 61 Ponte sul fiume Magazzolo - L= 150,00 mt. c.a. n. 6 S.P. 57 Ponte sul fiume Magazzolo - L= 160,00 mt. c.a. n. 6	6,000 6,000	15,00	180,00
		SOMMANO cad =	12,000		
24		O.02.005 RILIEVO MAGNETICO DELLE BARRE DI ARMATURA DI ELEMENTI STRUTTURALI IN CALCESTRUZZO ARMATO mediante pacometro a scansione tipo Hilti Ferrosan, in grado restituire graficamente la posizione delle barre individuate con livelli di grigio di intensità dipendente dalla profondità e dal diametro; à` compresa l'esecuzione di eventuali saggi locali per la verifica del diametro delle barre di armatura; i rilievi eseguiti saranno restituiti in apposite schede in cui verranno fornite le immagini scansionate e riportate graficamente le dimensioni di carpenteria, e le posizioni e i diametri delle barre individuate. I rilievi magnetici saranno effettuati in conformità con la norma BS 1881-204 "Testing concrete. Recommendations on the use of electromagnetic covermeters" 50	50,000	187,00	9.350,00
		SOMMANO m² =	50,000		
25		O.02.010 VALUTAZIONE DELLO SPESSORE DELLO STRATO DI CLS CARBONATATO su carote mediante il metodo del viraggio chimico, utilizzando come indicatore una soluzione di fenolfaleina all'1% in alcool etilico, in conformità alla norma UNI 9944: "Corrosione protezione dell'armatura del calcestruzzo -Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloruro nel calcestruzzo". Nel prezzo è compresa l'elaborazione dei dati rilevati e la presentazione dei risultati. Da effettuare su carote estratte [vedi art. O.02.001.B pos.14 cad 56,000]	56,000	29,74	1.665,44
		SOMMANO cad =	56,000		
26		O.02.030.A PROVE DI CARICO STATICO con misura degli spostamenti verticali e delle deformazioni ed elaborazione dei risultati, su impalcati da ponte o viadotti, secondo le modalità e le indicazioni del collaudatore e nel rispetto della normativa vigente, con applicazione di carichi statici verticali costituiti da una o più file di autocarri di pesi e dimensioni note da compensare a parte, e misura degli spostamenti verticali e delle deformazioni. La messa in carico dell'opera sarà organizzata secondo differenti configurazioni di carico dipendenti dallo schema statico dell'opera, ciascuna costituita da un ciclo di carico e scarico completo. Gli spostamenti verticali saranno rilevati con strumentazione in grado di garantire una			101.284,97
		A RIPORTARE			

Ufficio del Genio Civile di Agrigento					Pag.6
N°	N.E.P.	DESCRIZIONE	Quantita'	Prezzo Unit.	Importo
		RIPORTO			101.284,97
		risoluzione adeguata (generalmente 1% del massimo spostamento atteso), come minimo in corrispondenza di 6 punti di misura ubicati sulle sezioni trasversali di appoggio e di mezzeria. Ove necessario, le deformazioni saranno rilevate in corrispondenza delle sezioni più significative mediante strumentazione in grado di garantire una risoluzione di almeno 2 2 me..(2 x 10-6). Nel prezzo è esclusa la fornitura del carico di prova, ed è compresa la redazione di un rapporto comprensivo di: rappresentazione grafica degli schemi di carico di ciascuna configurazione, fornitura dei carichi assiali di ciascun autocarro utilizzato, presentazione in forma tabellare e grafica degli spostamenti e delle deformazioni misurate Per tutte le cofigurazioni S.P. 61 Ponte sul fiume Magazzolo - L= 150,00 mt. c.a. 1 S.P. 57 Ponte sul fiume Magazzolo - L= 160,00 mt. c.a. 1	1,000 1,000		
		SOMMANO cad =	2,000	1.800,00	3.600,00
27		O.02.030.B PROVE DI CARICO STATICO (per ogni configurazione di carico successiva) con misura degli spostamenti verticali e delle deformazioni ed elaborazione dei risultati, su impalcati da ponte o viadotti, secondo le modalità e le indicazioni del collaudatore e nel rispetto della normativa vigente, con applicazione di carichi statici verticali costituiti da una o più file di autocarri di pesi e dimensioni note da compensare a parte, e misura degli spostamenti verticali e delle deformazioni. La messa in carico dell'opera sarà organizzata secondo differenti configurazioni di carico dipendenti dallo schema statico dell'opera, ciascuna costituita da un ciclo di carico e scarico completo. Gli spostamenti verticali saranno rilevati con strumentazione in grado di garantire una risoluzione adeguata (generalmente 1% del massimo spostamento atteso), come minimo in corrispondenza di 6 punti di misura ubicati sulle sezioni trasversali di appoggio e di mezzeria. Ove necessario, le deformazioni saranno rilevate in corrispondenza delle sezioni più significative mediante strumentazione in grado di garantire una risoluzione di almeno 2 2 me..(2 x 10-6). Nel prezzo è esclusa la fornitura del carico di prova, ed è compresa la redazione di un rapporto comprensivo di:rappresentazione grafica degli schemi di carico di ciascuna configurazione, fornitura dei carichi assiali di ciascun autocarro utilizzato, presentazione in forma tabellare e grafica degli spostamenti e delle deformazioni misurate per ogni configurazione di carico successiva del medesimo viadotto S.P. 61 Ponte sul fiume Magazzolo - L= 150,00 mt. c.a. 1 S.P. 57 Ponte sul fiume Magazzolo - L= 160,00 mt. c.a. 1	1,000 1,000		
		SOMMANO cad =	2,000	900,00	1.800,00
28		SL.1.001.E AUTOCARRO DELLA PORTATA SUPERIORE A 180 Q.LI Anche a cassa ribaltabile, compresi conducenti, carburante ed ogni altro onere. n. 4 prove *n. 4 autocarri * h/g. 8	128,000		
		SOMMANO h =	128,000	65,81	8.423,68
29		O.02.035.A PROVA DI CARICO DINAMICO con identificazione dei parametri modali, su impalcati da ponte con identificazione dei parametri modali (frequenze deformate e smorzamenti) di almeno i primi 4 modi di vibrazione; secondo le modalità e le indicazioni del collaudatore e nel rispetto della normativa vigente con particolare riferimento alla norma uni 10985 "ponti e viadotti - linee guida per l'esecuzione di prove e rilievi dinamici". Le acquisizioni dinamiche			
		A RIPORTARE			115.108,65

N°	N.E.P.	DESCRIZIONE	Quantita'	Prezzo Unit.	Importo
		<p>RIPORTO</p> <p>saranno effettuate sotto l'azione di una o più delle seguenti forzanti:traffico ordinario, traffico regolamentato (autocarro di caratteristiche note transitante a velocità differenti) con o senza dosso artificiale, impulsi opportunamente applicati (masse in caduta libera), ecc. Le vibrazioni della struttura saranno acquisite mediante una rete di accelerometri di sensibilità superiore a 1 v/g, procedendo con una frequenza di campionamento non inferiore a 200 hz/canale previo filtraggio analogico passa-basso ad una frequenza di taglio di 40 hz, e per una durata totale tale da garantire la significatività del campione rilevato. I sensori accelerometrici saranno installati secondo una o più configurazioni strumentali, in funzione dello schema statico dell'opera. I segnali rilevati saranno elaborati nel dominio delle frequenza secondo le tecniche dell'analisi spettrale classica, con l'obiettivo di identificare le caratteristiche dei primi modi di vibrazione, in termini di deformate, frequenze e smorzamenti. Nel prezzo è compresa la redazione di un rapporto comprensivo di:rappresentazione grafica di ciascuna configurazione strumentale, presentazione dei parametri modali identificati in forma tabellare e grafica per una configurazione costituita da 2 accelerometri</p> <p>S.P. 61 Ponte sul fiume Magazzolo - L= 150,00 mt. c.a. 1</p> <p>S.P. 57 Ponte sul fiume Magazzolo - L= 160,00 mt. c.a. 1</p> <p style="text-align: right;">SOMMANO cad =</p>	<p>1,000</p> <p>1,000</p> <p>2,000</p>	1.912,50	<p>115.108,65</p> <p>3.825,00</p>
		<p>2) Totale Prove di laboratorio sui materiali e di carico statiche sui Ponti</p>			<p>63.863,70</p>
		<p style="text-align: center;">A RIPORTARE</p>			<p>118.933,65</p>

Ufficio del Genio Civile di Agrigento				Pag. 8
RIEPILOGO CAPITOLI	Pag.	Importo Paragr.	Importo subCap.	IMPORTO
Prove di laboratorio sui terreni	1			55.069,95
Prove di laboratorio sui materiali e di carico statiche sui Ponti	3			63.863,70
SOMMANO I LAVORI A BASE D'ASTA				€ 118.933,65
SOMME A DISPOSIZIONE AMMINISTRAZIONE				
Per Iva 22% sui lavori			26.165,40	
Per imprevisti compreso Iva			4.200,00	
TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE AMMINISTRAZIONE				30.365,40 30.365,40
IMPORTO COMPLESSIVO Servizio				€ 149.299,05

Ufficio del Genio Civile di Agrigento

Progetto del servizio per l'affidamento della progettazione definitiva ed esecutiva, studio geologico, sicurezza in fase di progettazione, collaudo statico ed amministrativo e delle indagini geologiche, per i lavori di ammodernamento strade provinciali di collegamento tra la S.S.115 e la S.S.118, a servizio dei comuni della montagna "Strada Mare-Monti"

Capitolato Speciale d'Appalto

**Prove di laboratorio sui terreni, sui materiali e prove di
carico statiche sui ponti**

Sommario

1. OGGETTO E IMPORTO DELL'APPALTO	3
2. MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE PROVE IN GENERALE	5
3. PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO.....	6
4. PROVE DI DIAGNOSTICA STRUTTURALE.....	17

1. OGGETTO E IMPORTO DELL'APPALTO

Art. 1 Oggetto dell'appalto

L'appalto ha per oggetto l'esecuzione delle Prove di laboratorio sui terreni, sui materiali e prove di carico statiche sui ponti esistenti per la progettazione Definitiva/Esecutiva dei lavori di collegamento tra la S.S.189 - S.S.118 - S.S.115 a servizio dei comuni della montagna "Strada Mare-Monti" - Tratto S.S. 115 - S.S.118 –

Le prove dovranno essere eseguite nel pieno rispetto delle prescrizioni tecniche di cui ai successivi articoli. E' esplicito patto contrattuale che tutti i lavori previsti nel presente appalto debbano essere eseguiti con i più moderni e perfezionati strumenti e mezzi meccanici, di tale produttività e numero da assicurare la tempestiva ultimazione delle prestazioni richieste eseguite a perfetta regola d'arte.

Art. 2 Indicazione sommaria dei servizi

I lavori occorrenti per l'esecuzione dell'opera indicata all'art. 1 possono così riassumersi:

Prove di laboratorio sui terreni, sui materiali e prove di carico statiche sui ponti -

Le suddette attività corrispondono alla categoria di cui al Regolamento C.E. n.213/2008 e s.m.i. Allegato I – D.Lgs n.50/2016

Codice CPV				Incidenza lavori	
7190000-7		Servizi di Laboratorio	Categoria Servizi	100%	

Le prove in laboratorio previsti dal DM 14.09.2005 devono essere eseguiti dai laboratori ufficiali o dai laboratori in concessione di cui all'art.59 del DPR 380/2001.

In particolare i laboratori:

1. i laboratori ufficiali elencati all'art. 59, comma 1 del DPR 6 giugno 2001, n. 380 s.m.i.
2. i laboratori autorizzati con Decreto del Ministro per le infrastrutture e i trasporti ai sensi e per gli effetti dell'art. 59, comma 2 del citato DPR 6 giugno 2001, n. 380 s.m.i.

I soggetti giuridici suindicati dovranno essere iscritti (in possesso di certificazione)“ **Circolare 08 settembre 2010, n. 7618 / STC** *Laboratori per l'esecuzione e certificazione di prove su terre e rocce*, nei settori: “A” “B” dell'elenco depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture ai sensi del D.M. 17.01.2018.

Art. 3 Importo dei servizi

3.1 Importo dell'appalto

L'importo complessivo dei servizi del presente servizio ammonta a € **118.933,65** (diconsi euro Centodiciottomilanovecentotrentatrevirgolasessantacinque)

Il quadro economico del progetto è il seguente:

QUADRO ECONOMICO

Descrizione	Importo
(A) Prove di laboratorio sui terreni	€ 55.069,95
(B) Prove di laboratorio sui materiali e di carico statiche sui Ponti	€ 63.863,70
SOMMANO	€ 118.933,65
 SOMME A DISPOSIZIONE AMMINISTRAZIONE	
Per Iva 22%	€ 26.165,40
Per imprevisti	€ 4.200,00
TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE AMMINISTRAZIONE	€ 30.365,40
 IMPORTO COMPLESSIVO	€ 149.299,05

(A) PROVE DI LABORATORIO SUI TERRENI

Le prove di laboratorio su terreni riguardano il programma di indagini geognostiche integrative alle precedenti effettuate nel 2013, oggetto di appalto di lavori separato, al fine poter inquadrare in maniera più dettagliata ed univoca l'assetto strutturale e fisico meccanico dei terreni che saranno interessati dalle opere previste, anche in considerazioni delle normative vigenti.

(B) PIANO INDAGINI STRUTTURALI

Al fine di condurre le analisi strutturali per la valutazione delle condizioni di sicurezza dell'opera, nel rispetto delle Norme Tecniche DM 17.01.2018, e progettare gli interventi di risanamento e rinforzo nell'ambito dell'ammodernamento viario, occorre procedere con opportune analisi investigative che mettano in luce lo stato di conservazione degli elementi strutturali, i punti critici di introduzione degli agenti aggressivi, la resistenza dei materiali strutturali ed infine l'entità dei fenomeni di ammaloramento in atto.

L'ammontare complessivo delle prestazioni non dovrà essere superato. L'Amministrazione non riconoscerà prestazioni eccedenti il limite prefissato, se non nei limiti definiti dalla norma.

I servizi saranno eseguiti secondo un programma d'indagine previsto nel computo, nel caso di variazioni delle indagini, il programma dei servizi verrà comunicato alla Ditta di volta in volta, precedentemente l'esecuzione di ogni singolo punto prova, pertanto l'importo relativo ad ogni categoria delle prestazioni risulta solo indicativo e la tipologia e le quantità dei servizi indicati potranno variare, anche a causa della soppressione di alcune categorie dei servizi previste e l'esecuzione di altre non previste.

Ciò, senza che la Ditta possa trarne motivo di chiedere compensi speciali o prezzi diversi da quelli della presente offerta.

Di conseguenza, all'atto dell'effettiva esecuzione dei rilievi, gli importi relativi alle voci principali potranno subire variazioni tra le singole categorie in aumento o in riduzione, fermo restando l'importo globale del contratto.

La realizzazione e predisposizione degli accessi ai punti di prova e la preparazione della piazzola sarà a totale carico della Ditta aggiudicataria.

La Ditta accetta in toto e controfirma le disposizioni contenute nelle Specifiche allegate.

Per regola generale, nell'esecuzione dell'incarico, la Ditta si atterrà alle disposizioni impartite dalla Amministrazione appaltante. La prestazione dovrà essere conforme alle vigenti normative in materia. L'importo ed i relativi prezzi tengono conto di ogni e qualsiasi prestazione inerente il servizio appaltato e deve intendersi accettato dalla Ditta base a preventivo calcolo di sua convenienza, a suo rischio e pericolo, ed è, pertanto, fisso ed invariabile.

La Ditta non avrà, perciò, ragione di pretendere sovrapprezzi o indennità speciali di alcun genere per eventuali aumenti del costo della manodopera e per perdite o maggiori oneri derivanti da qualsiasi altra sfavorevole circostanza che potesse verificarsi dopo l'aggiudicazione dei servizi.

Essa non potrà neppure eccepire la mancata conoscenza di condizioni e la sopravvenienza di elementi non valutati o non considerati.

3.2 Prezzi

Le prestazioni saranno liquidate in base ai prezzi unitari, depurati in base al ribasso d'asta offerto dalla Ditta aggiudicataria, che risultano dall'apposito elenco (da Prezziario Regionale Sicilia anno 2019 e Listino Prezzi ANAS 2019) –

Tali prezzi comprendono ogni compenso per gli oneri tutti che la Ditta dovrà sostenere nessuno escluso. Qualora siano richieste prestazioni non contenute nell'apposito elenco, pur rimanendo all'interno delle principali categorie delle prestazioni, si farà riferimento al prezziario regionale della Regione Sicilia 2019 e Listino Prezzi ANAS 2019, che saranno depurati del ribasso d'asta offerto dalla Ditta.

I prezzi medesimi, sotto condizioni tutte contenute nel presente Capitolato speciale, accettati dalla Ditta, si ritengono fissi e quindi invariabili durante tutto il periodo delle prestazioni ed indipendenti da qualsiasi eventualità.

2. MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE PROVE IN GENERALE

Art. 4 Osservanza di leggi e norme tecniche

L'esecuzione dei servizi in appalto nel suo complesso è regolata dal presente capitolato speciale d'appalto e per quanto non in contrasto con esso o in esso non previsto e/o specificato, valgono le norme, le disposizioni ed i regolamenti appresso richiamati:

Legge 2 febbraio 1974, n. 64 – *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;*

Legge 4 agosto 1984, n. 464 - *Norme per agevolare l'acquisizione da parte del servizio geologico della direzione generale delle miniere del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale;*

12 dicembre 1985 - *Norme tecniche relative alle tubazioni;*

D.M. 11 marzo 1988 - *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;*

Decreto Ministeriale 22 gennaio 2008, n. 37 – *Norme per la sicurezza degli impianti;*

Nuovo codice della strada - *Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada;*

- **D.P.R. 207/10** (nel prosieguo chiamato **Regolamento**), Regolamento di esecuzione del Codice, per quanto ancora vigente;
- L.R. 12/11, legge di recepimento in Sicilia del Codice e del Regolamento, per le parti non abrogate dal D.lgs. 50/2016 e dal 56/2017;
- D.Lgs 50/2016 e il D.Lgs 56/2017 e le linee guida attuative del nuovo c.a. dell'ANAC;
- D.P.Reg. 13/12, Regolamento di esecuzione ed attuazione della LR. 12/11;
- D.M. 145/00, Capitolato generale di appalto, per quanto concerne gli articoli non abrogati dal Regolamento;
- D.L. 81/08 come modificato dal D.L. 106/09, Testo unico in materia di sicurezza nei luoghi di lavoro;
-

- D.L. 159/11, Direttiva Min. Interno del 23.06.10, Circ. Assess. LL.PP. n. 593 del 31.01.06, inerenti rispettivamente gli obblighi sulla certificazione antimafia, controlli antimafia preventivi nelle attività a rischio di infiltrazione da parte delle organizzazioni criminali, clausole di autotutela con dichiarazione resa ai sensi del protocollo di legalità;
- L. 217/10, L. 136/10, L.R. 15/08, inerenti gli obblighi dell'appaltatore sulla tracciabilità dei flussi finanziari;
- Le norme inerenti le disposizioni legislative e regolamentari in materia di documentazione amministrativa;
- Le disposizioni dell'Autorità per la vigilanza sui contratti pubblici;
- Le disposizioni del Codice Civile;
- D.M. 17.01.18, inerente le norme tecniche per le costruzioni, con riferimento alle caratteristiche dei materiali da utilizzare nell'esecuzione delle opere ed ai relativi controlli di accettazione;
- Le norme tecniche di settore emanate da C.N.R., U.N.I., C.E.I., le linee guida per la corretta messa in opera dei materiali;
- Le Leggi, i Decreti, i Regolamenti, le Circolari, le Ordinanze, Protocolli di Legalità emanate e vigenti alla data di esecuzione dei lavori nell'ambito territoriale in cui si eseguono le opere oggetto dell'appalto;
- Protocollo di legalità 12.07.2005 "C.A. Dalla Chiesa" e quanto previsto dal D.Lvo 06.9.2011 n. 159 "Codice delle leggi antimafia e delle misure di prevenzione, nonché nuove disposizioni in materia di documentazione antimafia, a norma degli artt. 1 e 2 della L. 13.08.2010 n. 136".

Art. 5 Programma esecutivo del servizio

Entro 5 giorni prima dell'inizio del servizio, l'appaltatore deve predisporre e consegnare alla direzione dei lavori un programma esecutivo dei lavori, elaborato in relazione alle proprie tecnologie, alle proprie scelte imprenditoriali e alla propria organizzazione lavorativa.

Tale programma dovrà essere coerente con i tempi contrattuali di ultimazione e deve essere approvato dalla direzione dei lavori, mediante apposizione di un visto, entro cinque giorni dalla data di ricevimento. Trascorso il predetto termine senza che la direzione dei lavori si sia pronunciata, il programma si intenderà accettato, fatte salve palesi illogicità o indicazioni erronee palesemente incompatibili con il rispetto dei termini di ultimazione.

Art. 6 Oneri a carico dell'appaltatore. Impianto del cantiere, ordine dei lavori/servizio

• Impianto del cantiere

L'appaltatore dovrà provvedere all'impianto del primo cantiere non oltre il termine di 5 giorni dalla data del verbale di consegna dei lavori. In caso di ritardo sarà applicata una penale giornaliera pari allo 0,1% dell'ammontare netto contrattuale **per ogni giorno di ritardo**. Resta convenuto che tale penale, complessivamente, non potrà superare, in applicazione, il 10% dell'importo contrattuale. Ove il ritardo dovesse superare i 30 giorni dalla data di consegna si farà luogo alla risoluzione del contratto ed all'incameramento della cauzione.

• Vigilanza del cantiere

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la vigilanza e la guardia del cantiere, sia diurna che notturna, nel rispetto dei provvedimenti antimafia, e la custodia di tutti i materiali, impianti e mezzi d'opera esistenti nello stesso (siano essi di pertinenza dell'appaltatore, dell'amministrazione, o di altre ditte), nonché delle opere eseguite o in corso di esecuzione. La custodia del cantiere installato per la realizzazione di opere pubbliche deve essere affidata a persone provviste della qualifica di guardia particolare giurata. - In caso di inosservanza si incorrerà nelle sanzioni previste dalla norma vigente.

Tale vigilanza si intende estesa anche al periodo intercorrente tra l'ultimazione ed il collaudo provvisorio, salvo l'anticipata consegna delle opere all'amministrazione appaltante e per le sole opere consegnate. Sono altresì a carico dell'appaltatore gli oneri per la vigilanza e la guardia del cantiere nei periodi di sospensione dei lavori, purché non eccedenti un quarto della durata complessiva prevista per l'esecuzione dei lavori stessi, e comunque quando non superino sei mesi complessivi.

Fermo restando l'obbligo della vigilanza nei periodi eccedenti i termini fissati in precedenza, ne verranno riconosciuti i maggiori oneri sempre che l'appaltatore non richieda ed ottenga di essere sciolto dal contratto.

- **Locali per uffici e per le maestranze**

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la fornitura di locali uso ufficio (in muratura o prefabbricati) idoneamente rifiniti e forniti dei servizi necessari alla permanenza ed al lavoro di ufficio della direzione dei lavori. Tale ufficio deve essere adeguatamente protetto da dispositivi di allarme e anti-intrusione, climatizzato nonché dotato di strumenti (fax, fotocopiatrice, computer, software, ecc.). I locali saranno realizzati nel cantiere o in luogo prossimo. Saranno inoltre idoneamente allacciati alle normali utenze (luce, acqua, fognatura, telefono).

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la fornitura di locali e di strutture di servizio per gli operai, quali tettoie, ricoveri, spogliatoi prefabbricati o meno, e la fornitura di servizi igienico-sanitari in numero adeguato.

Le spese per gli allacciamenti provvisori, e relativi contributi e diritti, dei servizi di acqua, elettricità, gas, telefono e fognature necessari per il funzionamento del cantiere e l'esecuzione dei lavori, nonché le spese di utenza e consumo relative ai predetti servizi.

- **Attrezzature di pronto soccorso**

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per l'approntamento di locali adatti ed attrezzi per pronto soccorso ed infermeria, dotati di tutti i medicinali, gli apparecchi e gli accessori normalmente occorrenti, con particolare riguardo a quelli necessari nei casi di infortunio.

- **Ordine dell'esecuzione dei lavori**

In linea generale l'appaltatore avrà facoltà di sviluppare i lavori nel modo a lui più conveniente per consegnarli entro il termine contrattuale purché, a giudizio della direzione dei lavori, ciò non riesca pregiudizievole alla buona riuscita delle opere ed agli interessi dell'amministrazione appaltante. Questa si riserva ad ogni modo il diritto di stabilire la precedenza o il differimento di un determinato tipo di lavoro, o l'esecuzione entro un congruo termine perentorio, senza che l'appaltatore possa rifiutarsi o richiedere particolari compensi. In questo caso la disposizione dell'amministrazione costituirà variante al programma dei lavori.

- **Fornitura di notizie statistiche sull'andamento del servizio**

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la fornitura di notizie statistiche sull'andamento del servizio, per periodi quindicinali, a decorrere dal sabato immediatamente successivo alla consegna degli stessi, come di seguito:

- numero degli operai impiegati, distinti nelle varie categorie, per ciascun giorno della quindicina, con le relative ore lavorative;
- genere di lavoro eseguito nella quindicina di giorni in cui non si è lavorato e cause relative.

Dette notizie devono pervenire alla direzione dei lavori non oltre il mercoledì immediatamente successivo al termine della quindicina, stabilendosi una penale per ogni giorno di ritardo del 0,3 per mille dell'ammontare netto contrattuale.

- **Cartelli**

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la fornitura di cartelli indicatori e la relativa installazione, nel sito o nei siti indicati dalla direzione dei lavori, entro 5 giorni dalla data di consegna dei lavori. I cartelloni, delle dimensioni minime di 0,50 x 1,00 m recheranno impresse a colori indelebili le diciture riportate, con le eventuali modifiche ed integrazioni necessarie per adattarlo ai casi specifici.

Nello spazio per aggiornamento dei dati, devono essere indicate le sospensioni e le interruzioni intervenute nei lavori, le relative motivazioni, le previsioni di ripresa ed i nuovi tempi.

Tanto i cartelli che le armature di sostegno devono essere eseguiti con materiali di adeguata resistenza

meccanica e agli agenti atmosferici e di decoroso aspetto e mantenuti in ottimo stato fino al collaudo dei lavori.

Per la mancanza o il cattivo stato del prescritto numero di cartelli indicatori, sarà applicata

all'appaltatore una penale dell'0,5 per mille dell'ammontare netto contrattuale. Sarà inoltre applicata una penale giornaliera del 0,3 per mille dell'ammontare netto contrattuale dal giorno della constatata inadempienza fino a quello dell'apposizione o riparazione del cartello mancante o deteriorato. L'importo delle penali sarà addebitato sul certificato di pagamento in acconto, successivo all'inadempienza.

- **Oneri per pratiche amministrative**

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per le pratiche presso amministrazioni ed enti per permessi, licenze, concessioni, autorizzazioni per opere di presidio, occupazioni temporanee di suoli pubblici o privati, apertura di cave di prestito, uso di discariche, smaltimento fanghi di perforazioni, interruzioni provvisorie di pubblici servizi, attraversamenti, cautelamenti, trasporti speciali nonché le spese ad esse relative per tasse, diritti, indennità, canoni, cauzioni, ecc.

In difetto rimane ad esclusivo carico dell'appaltatore ogni eventuale multa o contravvenzione nonché il risarcimento degli eventuali danni.

- **NORME GENERALI**

I lavori ed i servizi dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte ed in conformità alle speciali prescrizioni che l'Amministrazione appaltante darà all'atto esecutivo, tramite D.L., impiegando nella loro effettuazione tutte le cautele necessarie a non danneggiare qualsiasi opera o altro.

Rimane convenuto che la Ditta aggiudicataria dovrà, a sua cura e spesa, provvedere al ripristino di tutte quelle parti che rimanessero danneggiate per mancanza di provvedimenti atti alla salvaguardia delle stesse e per negligenza.

In particolare se le indagini verranno effettuate in centri abitati o in vicinanza di essi, la Ditta dovrà assumere le relative informazioni per l'individuazione di cavi telefonici, elettrici, tubazioni di gas e acqua e quant'altro possa trovarsi sotto al piano di campagna.

Eventuali danni, in fase di preparazione ed esecuzione dei sondaggi, saranno a completo carico della Ditta per il ripristino funzionale di quanto danneggiato.

La Ditta, inoltre, dovrà provvedere ad ottenere, a propria cura e spese, presso i privati e le competenti Autorità tutti i permessi necessari per gli accessi nelle proprietà di terzi e per l'esecuzione dei servizi, ivi inclusa l'eventuale bonifica da residui bellici; nonché ad assumere la responsabilità dei danni derivanti dall'esecuzione dei lavori stessi e al ripristino della situazione esistente.

La Ditta, in ogni caso, è civilmente e penalmente responsabile dei danni alle persone ed alle cose che siano stati arrecati o subiti, o che siano attribuibili all'esecuzione dei servizi appaltati, dal giorno di consegna degli stessi sino alla data di emissione del certificato di regolare esecuzione.

Nei prezzi si intendono sempre compresi e compensati anche i lavori e gli oneri della Ditta per ripristinare i terreni alle condizioni preesistenti alla esecuzione dei sondaggi.

La Ditta dovrà nominare un Direttore Tecnico di cantiere responsabile della conduzione del cantiere e della qualità delle indagini, e di gradimento dell'Amministrazione Appaltante.

Il Direttore Tecnico dovrà essere sempre presente durante le operazioni di cantiere e compilerà e firmerà quotidianamente il Rapporto di Cantiere, dove saranno registrate tutte le operazioni eseguite; tale Rapporto sarà controfirmato dal Responsabile delle Indagini Geognostiche.

Il Direttore Tecnico di Laboratorio firmerà gli elaborati tecnici delle varie prove e le relative note che saranno controfirmati dal Responsabile delle Indagini Geognostiche.

Qualora l'Amministrazione Appaltante non dovesse essere soddisfatta dalle capacità tecniche degli operatori o tecnici di cantiere o di laboratorio, ne potrà chiedere la sostituzione immediata, senza che la Ditta ne possa chiedere alcun prezzo o compenso.

Resta inteso che la Ditta assume a proprio carico anche la fornitura di operatori, di tecnici, di consulenti e degli strumenti tecnici occorrenti per rilievi, tracciamenti, misurazioni, sondaggi, prove e studi relativi alle prestazioni in oggetto.

La Ditta affidataria esonera la stazione appaltante da qualsiasi impegno e responsabilità che a qualsiasi titolo possa derivare nei confronti di terzi dall'esecuzione del presente contratto.

La Ditta è responsabile dello smaltimento, in centri autorizzati, dei fanghi di perforazione e dei detriti di perforazione prodotti nell'esecuzione di sondaggi profondi.

Art. 7 Sicurezza cantieri. Prevenzione infortuni

- **Norme vigenti**

Nell'esecuzione dei lavori, anche se non espressamente richiamate o indicata nei paragrafi precedenti, devono essere osservate le disposizioni sotto richiamate e quelle che risultano elencate :

- D.L. 81/08 e s.m.i., Testo unico in materia di sicurezza nei luoghi di lavoro.

- **Accorgimenti antinfortunistici e viabilità**

L'appaltatore dovrà sottrarre alla viabilità il minor spazio possibile ed adottare i provvedimenti necessari a rendere sicuro il transito di veicoli e pedoni, nonché l'attività delle maestranze.

Fermi tutti gli obblighi e le responsabilità in materia di prevenzione degli infortuni, l'appaltatore risponde della solidità e stabilità delle armature di sostegno degli scavi ed è tenuto a rinnovare o rinforzare quelle parti delle opere provvisorie che risultassero deboli. L'efficienza delle armature dovrà essere verificata giornalmente. Per entrare ed uscire dalla fossa, si devono utilizzare apposite scale a pioli solidamente disposte, facendosi assoluto divieto di utilizzare gli sbatocchi.

L'appaltatore dovrà contornare, a suo esclusivo carico, tutti gli scavi mediante robusti parapetti, formati con tavole prive di chiodi sporgenti e di scheggiature, da mantenere idoneamente verniciate, ovvero con sbarramenti di altro tipo che garantiscano un'adeguata protezione. In vicinanza delle tranvie, le barriere devono essere tenute a distanza regolamentare, e comunque non inferiore a 80 cm dalle relative sedi.

In corrispondenza ai punti di passaggio dei veicoli ed agli accessi alle proprietà private, si costruiranno sugli scavi solidi ponti provvisori muniti di robusti parapetti e – quando siano destinati al solo passaggio di pedoni – di cartelli regolamentari di divieto di transito per i veicoli, collocati alle due estremità. Sarà a carico di Codesta Ditta il risarcimento di eventuali danni che, in dipendenza del modo di esecuzione, fossero arrecati a proprietà pubbliche o private nonché a persone, restando liberi e indenni l'Amministrazione ed il suo personale.

Qualora all'atto esecutivo emergesse la necessità di eseguire gli scavi per strati orizzontali, al fine di agevolare le operazioni di ricerca e sminamento di residui bellici da parte del Genio Militare, la Ditta è tenuta ad attenersi agli ordini che potranno venire impartiti, senza che ciò costituisca motivo di rivalsa per chiedere qualsiasi compenso sul prezzo dello scavo riportato in elenco in quanto comprensivo di ogni genere. La Ditta è anzi tenuta a prendere contatto con la Direzione del Genio Militare per il coordinamento delle operazioni di bonifica da ordigni bellici, da eseguirsi a cura e spese dell'Autorità Militare.

Detta Autorità è l'unica competente a giudicare l'opportunità o meno di procedere alla bonifica e fissare le norme e cautele necessarie da osservare durante il corso dei lavori.

Per tutti gli oneri relativi alla prescrizione precedente, la Ditta non ha diritto a compensi addizionali.

- **Dispositivi di protezione**

Per i dispositivi di protezione si rimanda alle seguenti norme:

UNI EN 340 – *Indumenti di protezione. Requisiti generali.*

UNI EN 341 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi di discesa.*

UNI EN 352-1 – *Protettori auricolari. Requisiti di sicurezza e prove. Cuffie.*

UNI EN 353-1 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi anticaduta di tipo guidato su una linea di ancoraggio rigida.*

UNI EN 353-2 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi anticaduta di tipo guidato su una linea di ancoraggio flessibile.*

UNI EN 354 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Cordini.*

UNI EN 355 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Assorbitori di energia.* **UNI EN 358** – *Dispositivi individuali per il posizionamento sul lavoro e la prevenzione delle cadute dall'alto. Sistemi di posizionamento sul lavoro.*

UNI EN 360 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi anticaduta di tipo*

retrattile.

UNI EN 361 – Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Imbracature per il corpo.

UNI EN 362 – Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Connettori.

UNI EN 363 – Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Sistemi di arresto caduta.

UNI EN 364 – Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Metodi di prova.

UNI EN 365 – Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Requisiti generali per le istruzioni per l'uso e la marcatura.

UNI EN 367 – Indumenti di protezione. Protezione contro il calore e le fiamme. Metodo di prova: Determinazione della trasmissione di calore mediante esposizione a una fiamma.

Art. 8 Collaborazione

8.1 Collaborazione con la stazione appaltante -

La Ditta è tenuta, oltre che alla corretta esecuzione di quanto ordinatogli, anche a presentare la propria collaborazione con l'Amministrazione appaltante, per la migliore riuscita delle indagini e degli studi suddetti ed al fine di eseguire i servizi a perfetta regola d'arte e secondo le più recenti conoscenze.

3. PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Generalità

- **Requisiti generali del laboratorio**

L'attività del laboratorio di prova dovrà essere condotta in accordo alla norma UNI-CEI-EN 45001 - Criteri generali per il funzionamento di laboratori di prova.

Il laboratorio di prova dovrà essere competente per l'esecuzione delle prove in programma; il personale tecnico sarà in numero sufficiente, avrà adeguata formazione ed aggiornamento documentabili e farà capo ad un responsabile di laboratorio

- **Locali di prova**

L'ambiente in cui le prove vengono eseguite non deve in alcun modo invalidarne i risultati né influenzare le misure: i locali di prova dovranno essere opportunamente protetti da condizioni anomale quali temperatura, polveri, umidità, vapori, vibrazioni, disturbi o interferenze elettromagnetiche; dovranno inoltre essere sufficientemente spaziosi e dotati di apparecchiature e sorgenti di alimentazione adeguate. Per quanto riguarda ambienti particolari quali camera umida di conservazione o zona di preparazione provini e assemblaggio delle prove, i locali dovranno essere dotati di strumentazione di controllo e condizionamento ambientale.

L'accesso alle zone di prova dovrà essere controllato e regolato da procedure.

- **Apparecchiature di prova**

Il laboratorio di prova deve essere fornito di tutte le apparecchiature necessarie per la corretta esecuzione delle prove in programma.

Tutte le apparecchiature devono essere conservate con cura e devono essere disponibili idonee procedure di manutenzione.

Per le apparecchiature di prova principali dovrà essere disponibile un sistema di registrazione in cui sia riportato

- il nome dell'apparecchiatura;
- il nome del fabbricante, l'identificazione del tipo ed il numero di serie;
- la data di acquisizione e la data di messa in servizio;
- lo stato al momento del ricevimento;
- le operazioni di manutenzione eseguite;
- i danni subiti e le riparazioni eseguite;
- copia del certificato di taratura di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Una copia delle schede di registrazione delle apparecchiature da utilizzare nell'ambito della Commessa dovrà essere sottoposta alla direzione dei lavori prima dell'inizio dell'attività di prova. Gli strumenti di misura e le apparecchiature di prova dovranno essere sottoposte a taratura secondo un programma temporale adeguato al carico di lavoro del laboratorio, e comunque ad intervalli non superiori ai sei mesi. La taratura degli strumenti di misura e di prova dovrà essere effettuata in modo da garantire la riferibilità delle misure effettuate alla catena metrologica internazionale. Copia dei certificati di taratura delle apparecchiature e degli strumenti di misura utilizzati per l'esecuzione delle prove, di data non anteriore di sei mesi alla data di prova, dovrà accompagnare il rapporto di prova emesso dal laboratorio a conclusione dell'incarico.

- **Identificazione dei campioni**

Sarà necessario presentare alla direzione dei lavori le procedure adottate dal laboratorio prove per l'identificazione dei campioni e delle parti di campioni da sottoporre a prova. Al momento del ricevimento dei campioni si dovrà controllare la corrispondenza con le distinte o le stratigrafie di accompagnamento, segnalando immediatamente qualsiasi difformità alla direzione dei lavori.

Tutti i campioni e le relative porzioni da sottoporre a prova (provini) dovranno essere chiaramente identificati da una sigla o da un codice che accompagnerà il campione o il provino in tutte le fasi dell'attività di laboratorio (conservazione, preparazione dei provini da sottoporre a prova, esecuzione delle prove, preparazione della documentazione di prova e del rapporto finale di prova); dovrà inoltre essere stabilita una corrispondenza tra il codice adottato dal laboratorio per l'identificazione dei campioni e dei provini e il sistema di identificazione utilizzato durante il prelievo in situ, in modo che i risultati delle prove di laboratorio siano sempre chiaramente attribuibili.

Prima dell'inizio delle attività di laboratorio dovrà essere redatta e trasmessa alla direzione dei lavori una scheda contenente:

- la località di prelievo;
- il numero del sondaggio o del pozzetto esplorativo;
- la profondità di prelievo;
- il codice adottato nel corso del campionamento;
- il codice identificativo del campione o del provino adottato in laboratorio;
- il programma di prove indicato dalla società;
- il programma temporale di attuazione.

- **Conservazione dei campioni**

I campioni consegnati al laboratorio dovranno essere conservati in modo da non alterarne le caratteristiche naturali. All'atto della consegna si verificheranno le condizioni di sigillatura dei campioni e si segnaleranno tempestivamente alla direzione dei lavori eventuali danni alle fustelle che potrebbero aver alterato le condizioni originarie dei campioni (ovalizzazioni, deformazioni anomale, etc.).

I campioni dovranno essere conservati in cella umidificata a temperatura ed umidità controllata in modo da garantire il mantenimento dei seguenti parametri ambientali:

- temperatura : $20^{\circ} \pm 2^{\circ}$
- umidità relativa > 95%

Al termine delle attività di prova, i campioni residui non sottoposti a prova dovranno essere conservati in ambiente ad atmosfera controllata e potranno essere avviati a discarica, unitamente ai campioni ed ai provini sottoposti a prova, idoneamente conservati, solo previa autorizzazione della direzione dei lavori o, salvo diverse indicazioni, dopo 2 anni dalla fine dei lavori.

In tutte le fasi dell'attività di laboratorio, i campioni e le relative porzioni da sottoporre a prova dovranno essere trattati e manipolati in modo di minimizzare il disturbo ad essi arrecato e di alterarne il meno possibile le caratteristiche e le proprietà naturali che devono essere determinate o investigate.

In particolare si dovrà avere la massima cura per evitare di:

- alterare significativamente il contenuto d'acqua;
- modificare la struttura del terreno;
- applicare sollecitazioni tali da alterare lo stato tensionale residuo;
- modificare la composizione granulometrica del terreno.

Risulta di conseguenza necessario che le operazioni di apertura, descrizione, selezione dei materiali e preparazione dei provini siano effettuati in ambienti con temperatura intorno ai 20° ed umidità non inferiore al 75%, meglio se ad atmosfera controllata; in ogni caso le condizioni ambientali della zona di preparazione dei provini devono essere tali da assicurare variazioni del contenuto d'acqua non superiori all'1 %.

In linea di principio, l'inizio delle analisi o prove programmate dovrà immediatamente seguire l'apertura dei campioni; nel caso in cui l'inizio delle attività di prova debba essere necessariamente procrastinato, i provini già confezionati, opportunamente siglati e sigillati, dovranno essere conservati nel locale ad atmosfera controllata utilizzato per la conservazione dei campioni. Durante le fasi di montaggio e di avvio delle prove dovrà essere garantito il mantenimento delle condizioni originarie dei campioni, segnalando le eventuali variazioni connesse alle procedure di prova ed evitando ogni tipo di modificazione incontrollata.

- **Modifiche al programma di prove**

Le prove di laboratorio dovranno essere eseguite secondo il programma contenuto nel progetto delle indagini e nelle eventuali indicazioni integrative fornite dalla direzione dei lavori. Se tuttavia in fase di apertura dei campioni si dovessero riscontrare incongruenze tra il tipo di materiale campionato e le prove indicate in programma o qualora la qualità del campione rendesse poco attendibili i risultati delle prove previste (eccessivo rammollimento, essiccazione, deformazione evidente), il laboratorio interromperà il programma di prova e comunicherà immediatamente alla direzione dei lavori gli inconvenienti riscontrati in modo da adeguare il programma di prove alla effettiva qualità e tipologia dei campioni disponibili.

A tale proposito il laboratorio dovrà comunicare alla direzione dei lavori il programma temporale delle attività, in modo che sia possibile presenziare all'apertura dei campioni, al fine di concordare eventuali modifiche al programma di prove.

In nessun caso il laboratorio potrà proseguire nel programma di prove o modificare il programma di prove senza la preventiva autorizzazione della direzione dei lavori.

- **Rapporti con la direzione dei lavori**

Il responsabile del laboratorio manterrà i contatti con la direzione dei lavori. Dovrà inoltre comunicare qualsiasi problema o inconveniente che dovesse insorgere durante l'effettuazione delle prove in programma e si farà carico di trasmettere settimanalmente un rapporto comprendente lo stato di avanzamento dell'attività di laboratorio, ogni variazione rispetto al programma temporale trasmesso inizialmente ed i risultati delle prove già eseguite, anche in bozza. In tutta la corrispondenza si dovrà fare riferimento allo schema adottato per la scheda sinottica inizialmente trasmessa alla direzione dei lavori.

In caso di controversie o di perplessità relative alle modalità operative del laboratorio, la direzione dei lavori si riserva la facoltà di richiedere l'esame di alcuni campioni o l'esecuzione di alcune prove di controllo e verifica da effettuarsi presso un laboratorio di sua fiducia.

- **Normative di riferimento**

Le prove saranno eseguite, salvo diversa indicazione, in accordo agli standard di prova indicati. L'eventuale esecuzione delle prove secondo standard o normative alternative a quelle indicate nelle presenti norme tecniche dovrà in ogni caso essere preventivamente autorizzato dalla direzione dei lavori. In ogni caso la normativa di riferimento seguita per l'esecuzione delle prove dovrà essere indicata nel rapporto di prova.

- **Documentazione da fornire**

Alla consegna dei certificati di prova dovrà essere fornita anche una sintesi che riporterà i risultati principali ottenuti dalle singole prove. Tale sintesi, espressa in un quadro riepilogativo generale, dovrà contenere:

- la sigla identificativa del campione e la profondità di prelievo;
- le percentuali delle diverse frazioni granulometriche;
- i valori dei limiti di consistenza e dell'indice di plasticità;
- le classificazioni AGI, USCS e CNR-UNI 10006;
- il contenuto d'acqua e il peso di volume naturale;
- i valori ottenuti dalle prove di taglio diretto e dalle prove triassiali;
- i valori di modulo edometrico, permeabilità, coefficiente di consolidazione verticale e coefficiente di consolidazione secondaria per una determinata pressione di riferimento.

Il rapporto finale di ciascuna prova dovrà comprendere almeno le seguenti informazioni:

- il nome e l'indirizzo del laboratorio di prova;
- l'identificazione univoca del rapporto di prova, di ciascuna sua pagina e del numero totale delle pagine;
- il nome ed indirizzo del committente;
- l'identificazione dei campioni;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di prova;

- lo standard di riferimento seguito per l'esecuzione delle prove;
 - tutte le misure, gli esami e i loro risultati, corredati di tabelle, grafici, disegni e fotografie e tutte le anomalie individuate;
 - la firma del responsabile del rapporto di prova e la data di emissione.
- I risultati di tutti i calcoli e le determinazioni eseguite dovranno essere espressi in opportune unità SI, con relative multipli o sottomultipli.

Determinazione delle caratteristiche fisiche

- Apertura e descrizione geotecnica di campioni indisturbati

L'estrusione dalle fustelle o cassette di alloggiamento dovrà avvenire in modo da minimizzare il disturbo arrecato al campione tramite l'utilizzo di un estrusore idraulico.

L'estrusione del campione dovrà avvenire con lentezza e continuità, evitando l'applicazione di sforzi eccessivi o l'esecuzione di brusche manovre.

Dopo l'estrusione il campione sarà sottoposto a scorticatura e ripulitura delle estremità e si procederà alla descrizione geotecnica visivo-manuale del materiale, indicando natura, colore, strutture, inclusioni, frammenti di conchiglie, resti organici, eventuale odore ed ogni altro elemento ritenuto significativo. La descrizione geotecnica visivo-manuale dovrà essere condotta in accordo allo standard ASTM D2488-93 (Standard Practice for Description and Identification of Soils - Visual-Manual Procedure). Si effettuerà quindi una ripresa fotografica a colori del campione, avendo cura che l'immagine risulti nitida e chiaramente leggibile; la foto comprenderà anche una scala colorimetrica e una scala metrica di riferimento e riporterà la completa identificazione del campione e del suo alto.

Successivamente si procederà, ove possibile, all'esecuzione di prove speditive con penetrometro e scissometro tascabile ad intervalli regolari, per la determinazione dello stato di consistenza del materiale campionato. Da ultimo si procederà alla selezione delle porzioni del campione da sottoporre a prova, avendo particolare cura di escludere, dal confezionamento dei provini da sottoporre a prova, le porzioni disturbate per rammollimento o deformazione eccessiva, e di scegliere porzioni omogenee del campione per l'esecuzione di prove che richiedano la preparazione di una serie di provini. Nella scelta delle porzioni di campione da sottoporre a prova assume particolare rilevanza la valutazione dello stato di qualità del campione che dovrà in ogni caso essere indicata. Al termine dell'esame sarà redatto un apposito modulo contenente tutte le osservazioni e le misure condotte, l'indicazione delle prove da eseguire e dei relativi provini, le indicazioni sullo stato di qualità del campione e della fustella, le dimensioni della fustella e del campione estruso. Il modulo sarà corredato dalla documentazione fotografica del campione.

• Apertura e descrizione geotecnica di campioni rimaneggiati

L'estrazione di un campione rimaneggiato dal contenitore di alloggiamento (sacchetto, barattolo, vasetto, etc.) sarà seguita dalla descrizione geotecnica visivo-manuale del materiale, condotta in accordo allo standard ASTM D2488-93 (Standard Practice for Description and Identification of Soils - Visual-Manual Procedure). Il materiale campionato sarà sottoposto a ripresa fotografica a colori, avendo cura che l'immagine risulti nitida e chiaramente leggibile; la foto comprenderà anche una scala colorimetrica e una scala metrica di riferimento e riporterà la completa identificazione del campione.

Al termine delle operazioni, si procederà alla redazione di un modulo contenente la descrizione geotecnica del campione, l'indicazione delle prove da eseguire e l'eventuale documentazione fotografica.

• Determinazione del contenuto naturale d'acqua

La prova consiste nella determinazione del contenuto d'acqua di terreni, rocce e materiali simili.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 2216 - 92 - Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock

- **Determinazione della massa volumica apparente (peso di volume naturale)**

La prova consiste nella determinazione della massa volumica apparente di un terreno, ottenuto come rapporto tra la massa di un provino ed il suo volume.

Normative e specifiche di riferimento:

BS 1377 (1990) - Methods of test for soils for civil engineering purposes - Part 2: Classification tests.

- **Determinazione dei limiti di consistenza**

La prova consiste nella determinazione del contenuto d'acqua per il quale avviene il passaggio dallo stato semiliquido allo stato plastico (limite di liquidità) e dallo stato plastico allo stato semisolido (limite di plasticità).

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 4318 - 84 - Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

- **Analisi granulometrica per vagliatura**

La prova consiste nella determinazione della distribuzione granulometrica di un campione di terreno trattenuto al setaccio ASTM n° 200.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 422 - 63 (90) - Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils;

ASTM D 421 - 85 (93) - Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants

Il materiale analizzato dovrà essere classificato in accordo alle raccomandazioni A.G.I. (1977) e, qualora sia stata eseguita anche la determinazione dei limiti di consistenza, anche in accordo allo Standard ASTM D 2487-93 - Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) e alla Classificazione delle terre CNR-UNI 10006.

- **Documentazione**

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- diametro massimo del campione analizzato;
- quantità di materiale analizzato;
- tabella con indicazione della percentuale di materiale trattenuto a ciascun setaccio;
- diagramma semilogaritmico % di trattenuto - diametro;
- classificazione granulometrica del materiale analizzato;
- documentazione delle pesate eseguite;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

- **Determinazione del passante o trattenuto ad un singolo vaglio**

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 1140 - 92 - Standard Test Method for Amount of Material in Soils Finer Than the No. 200 (75-
µm) Sieve;

ASTM D 422 - 63 (90) - Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils;

ASTM D 421 - 85 (93) - Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants.

- **Analisi granulometrica per sedimentazione**

La prova consiste nella determinazione della distribuzione granulometrica della frazione

passante al setaccio ASTM n° 200 di un terreno.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 422 - 63 (90) - Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils;

ASTM D 421 - 85 (93) - Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants.

- **Determinazione della massa volumica reale (peso specifico dei grani)**

La prova consiste nella determinazione del rapporto tra la massa della frazione solida di un terreno ed il suo volume.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 854 - 92 - Standard Test Method for Specific Gravity of Soils.

- **Determinazione del contenuto in sostanze organiche**

La prova consiste nella determinazione del contenuto di sostanze organiche di un campione di terreno. Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 2974 - 87 (95) - Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils.

19.3 Determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche

- **Prove edometriche**

La prova edometrica consiste nella determinazione dell'entità e della velocità della consolidazione di terreni coesivi soggetti ad incrementi tensionali. La prova può essere condotta ad incrementi di carico controllati (prova IL) o a velocità di deformazione controllata (prova CRS).

Nel corso della prova edometrica, oltre ai parametri normalmente calcolati, è possibile eseguire determinazioni dirette di permeabilità.

- **Prova edometrica a incrementi di carico controllati (il)**

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 2435 - 90 - Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils.

- **Prova edometrica a velocità di deformazione controllata (crs)**

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 4186 - 89 - Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Controlled-Strain Loading.

- **Misura della permeabilità per via diretta in edometro**

La determinazione del coefficiente di permeabilità verticale k potrà essere eseguita per via diretta a carico idraulico variabile in edometro nel corso di una prova edometrica o ad un particolare livello di carico utilizzando un'attrezzatura edometrica fornita di apposita buretta graduata per l'applicazione di un carico idraulico al provino; nel corso dell'assemblaggio della cella si dovrà porre particolare attenzione alla completa disaerazione e saturazione di tutti i circuiti idraulici, evitando in particolare di intrappolare aria tra provino, filtri in carta e pietre porose. E' opportuno che il flusso idraulico avvenga dal basso verso l'alto al fine di consentire una migliore saturazione del provino. Prima della misura della permeabilità si dovrà controllare che il processo di consolidazione conseguente l'applicazione del carico verticale sia esaurito, al fine di evitare che il gradiente idraulico generato dal processo di consolidazione interferisca con il flusso idraulico impiegato per la prova, alterando i valori di permeabilità misurati.

Le misure di permeabilità dovranno essere protratte sino alla completa stabilizzazione del valore del coefficiente k .

- **Determinazione del rigonfiamento libero**

La prova consiste nella determinazione dell'entità del rigonfiamento libero di un terreno conseguente a rilascio tensionale ed assorbimento d'acqua.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 4546 - 90 - Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils - Method A.

- **Determinazione della pressione di rigonfiamento**

La prova consiste nella determinazione della pressione di rigonfiamento di un terreno conseguente ad assorbimento d'acqua.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 4546 - 90 - Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils - Method C.

- **Prova di taglio con scissometro da laboratorio**

La prova consiste nella determinazione della resistenza al taglio non drenata di picco e residua di terreni coesivi.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 4648 - 94 - Standard Test Method for Laboratory Miniature Vane Shear Test for Saturated Fine- Grained Clayey Soil.

- **Prova di taglio diretto consolidata - drenata**

La prova consiste nella determinazione dei parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate di campioni di terreno sottoposti a sollecitazioni di taglio.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 3080 - 90 - Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.

- **Prova di compressione monoassiale ad espansione laterale libera**

La prova consiste nella determinazione della resistenza a compressione monoassiale in assenza di confinamento laterale di terreni coesivi e fornisce un valore approssimato della resistenza non drenata espressa in termini di tensioni totali.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 2166 - 91 - Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.

- **Modalità di prova**

La prova sarà eseguita su provini cilindrici di diametro non inferiore a 35 mm e rapporto altezza/diametro compreso tra 2 e 2.5, preparati con apposito tornietto campionario a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere a pressione, direttamente nel campione da analizzare apposita fustella calibrata; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano la fustella.

La velocità di deformazione adottata nella prova dovrà essere compresa tra 0.5 e 2 %/min.; durante l'applicazione del carico si procederà alla registrazione ad intervalli di tempo regolari del carico applicato e della corrispondente deformazione assiale, in modo da avere almeno 15 coppie di valori. La prova dovrà in ogni caso essere protratta sino ad ottenere una deformazione assiale pari ad almeno il 15%.

- **Documentazione**

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensioni del provino;
- peso di volume naturale;
- contenuto d'acqua iniziale;
- velocità di deformazione adottata;
- carico di rottura e corrispondente deformazione assiale;
- tabella di sintesi con i valori di carico e deformazione assiale registrati;
- diagramma del carico assiale - deformazione assiale;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

- **Prova di compressione triassiale non consolidata - non drenata (uu)**

La prova consiste nella determinazione della resistenza al taglio non drenata, espressa in termini di tensioni totali, e della relazione sollecitazione-deformazione di terreni coesivi sottoposti a condizioni di sollecitazione triassiale.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 2850 - 95 - Standard Test Method for Unconsolidated, Undrained Compressive Strength of Cohesive Soils in Triaxial Compression.

- **Modalità di prova**

La prova sarà eseguita su tre provini cilindrici, di diametro non inferiore a 35 mm e rapporto altezza/diametro compreso tra 2 e 2.5, preparati con apposito tornietto campionario a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere a pressione, direttamente nel campione da analizzare apposita fustella calibrata; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano la fustella. La prova sarà condotta senza saturazione preliminare adottando tre diversi valori della tensione di confinamento (tensione di cella) stabiliti dalla direzione dei lavori. La fase di compressione assiale sarà condotta adottando velocità di deformazioni comprese tra 0.3 e 1%/min. in funzione delle caratteristiche di plasticità del materiale e sarà in ogni caso protratta sino al raggiungimento di valori della deformazione assiale non inferiori al 15 %.

- **Documentazione**

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione e dei provini sottoposti a prova;
- dimensioni dei provini;
- peso di volume naturale;
- contenuto d'acqua iniziale dei provini;
- velocità di deformazione adottata;
- valore della pressione di cella adottata per ciascun provino;
- tabella di sintesi con i valori di sforzo deviatorico e deformazione assiale registrati per ciascun provino;
- diagramma dello sforzo deviatorico - deformazione assiale per ciascun provino;
- valori dello sforzo deviatorico e della deformazione assiale a rottura per ciascun provino;
- rappresentazione dello stato di sforzo a rottura, espresso in termini di sforzi totali nel piano σ/τ a mezzo cerchi di Mohr, con indicazione dell'involuppo di rottura;
- indicazione del valore di resistenza al taglio del campione esaminato, espresso in termini di tensioni totali dal parametro c_u ;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico; manometri o

trasduttori di pressione), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

- **Prova di compressione triassiale consolidata isotropicamente - non drenata (CIU)**

La prova consiste nella determinazione dei parametri di resistenza in termini di tensioni totali ed efficaci

di un campione di terreno sottoposto a condizioni di sollecitazione triassiale; la prova può inoltre essere utilizzata per la determinazione dei parametri di deformabilità non drenati.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 4767 - 88 - Standard Test Method for Consolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils.

- **Modalità di prova**

La prova sarà eseguita su tre provini cilindrici, di diametro non inferiore a 35 mm e rapporto altezza/diametro compreso tra 2 e 2.5, preparati con apposito tornietto campionario a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere a pressione, direttamente nel campione da analizzare, apposita fustella calibrata; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano la fustella.

La prova verrà condotta attraverso le seguenti fasi:

Fase di saturazione: la saturazione preliminare sarà condotta attraverso l'applicazione di back-pressure in diversi gradini di pressione di entità variabile, in funzione delle caratteristiche di consistenza dei terreni in prova e comunque mai superiori a 50 kPa; durante tutta la fase di saturazione si dovrà mantenere una differenza di pressione tra pressione di cella e back-pressure compresa tra 5 e 10 kPa, al fine di evitare premature consolidazioni dei provini.

Dopo ogni gradino di saturazione, una volta raggiunta la completa stabilizzazione delle pressioni, si provvederà alla misura del grado di saturazione raggiunto attraverso la determinazione del parametro B; la fase di saturazione potrà essere conclusa solo quando il parametro B assumerà valori superiori a 0.95 in due successive determinazioni.

Fase di consolidazione: la fase di consolidazione sarà condotta incrementando la pressione di cella fino a raggiungere il prefissato valore della pressione di consolidazione da adottare per ciascun provino stabilito dalla direzione dei lavori. Dopo la stabilizzazione della pressione interstiziale conseguente l'incremento tensionale applicato, si avvierà la fase di consolidazione consentendo il drenaggio e registrando le variazioni di volume ed eventualmente le variazioni di pressione interstiziale in funzione del tempo.

Dal diagramma della variazione di volume - logaritmo del tempo, o in alternativa da quello della variazione di volume - radice quadrata del tempo, si determinerà il tempo di fine consolidazione t_{100} , che sarà assunto come parametro base per il calcolo della velocità di rottura.

Fase di rottura: durante la fase di rottura, che avverrà in condizioni di drenaggio impedito si incrementerà progressivamente lo sforzo deviatorico, mantenendo fissa la pressione di cella, fino ad ottenere deformazioni assiali non inferiori al 15%. Al fine di assicurare una uniforme distribuzione ed equalizzazione della sovrappressione idraulica conseguente l'incremento tensionale, la velocità di deformazione sarà stabilita sulla base del t_{100} di fine consolidazione e della deformazione attesa a rottura v_r ,

- **Documentazione**

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione e dei provini sottoposti a prova;
- dimensioni iniziali dei provini;
- peso di volume naturale, contenuto d'acqua e grado di saturazione iniziale dei provini;
- tabella riassuntiva con i valori delle pressioni di cella e della back-pressure adottati durante la fase di saturazione, con indicazione del valore assunto dal parametro B al termine di ciascun gradino;
- valori della back-pressure e della pressione di cella adottati durante la fase di consolidazione per

ciascun provino;

- tabella con i valori della variazione volumetrica e dei relativi tempi di acquisizione durante la fase di consolidazione per ciascun provino;
- diagramma della variazione di volume - logaritmo del tempo, o in alternativa variazione di volume – radice quadrata del tempo per ciascun provino;
- valore del tempo di fine consolidazione t_{100} di ciascun provino;
- peso di volume, contenuto d'acqua e grado di saturazione di ciascun provino al termine della fase di consolidazione;
- dimensioni dei provini al termine della fase di consolidazione;
- velocità di deformazione adottata nella fase di rottura;
- peso di volume, contenuto d'acqua e grado di saturazione di ciascun provino al termine della fase di rottura;
- tabella di sintesi con i valori di sforzo deviatorico, deformazione assiale e pressione interstiziale registrati per ciascun provino in fase di rottura;
- diagramma dello sforzo deviatorico - deformazione assiale per ciascun provino;
- diagramma della pressione interstiziale - deformazione assiale per ciascun provino;
- diagramma del rapporto degli sforzi principali efficaci - deformazione assiale per ciascun provino;
- diagramma del parametro A delle pressioni interstiziali - deformazione assiale per ciascun provino;
- valori dello sforzo deviatorico e della deformazione assiale a rottura per ciascun provino;
- rappresentazione del percorso di sollecitazione di tutti i provini sottoposti a prova espresso in termini di sforzi efficaci nel piano p'/q con indicazione dell'involuppo di rottura;
- rappresentazione dello sforzo a rottura in termini di sforzi efficaci nel piano σ/τ a mezzo di cerchi di Mohr con indicazione dell'involuppo di rottura;
- indicazione del valore di resistenza al taglio del campione esaminato, espresso in termini di tensioni efficaci dai parametri c' e ϕ' ;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico; manometri o trasduttori di pressione), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

- **Prova di compressione triassiale consolidata isotropicamente – drenata (Cid)**

La prova consiste nella determinazione dei parametri di resistenza in termini di tensioni efficaci di un campione di terreno sottoposto a condizioni di sollecitazione triassiale; la prova può inoltre essere utilizzata per la determinazione dei parametri di deformabilità drenati.

Normative e specifiche di riferimento:

A.G.I. (1994) - Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio - Prove di compressione triassiale su terre coesive.

- **Documentazione**

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione e dei provini sottoposti a prova;
- dimensioni iniziali dei provini;
- peso di volume naturale, contenuto d'acqua e grado di saturazione iniziale dei provini;
- tabella riassuntiva con i valori delle pressioni di cella e della back-pressure adottati durante la fase di saturazione, con indicazione del valore assunto dal parametro B al termine di ciascun gradino;
- valori della back-pressure e della pressione di cella adottati durante la fase di consolidazione per ciascun provino;
- tabella con i valori della variazione volumetrica e dei relativi tempi di acquisizione durante la fase di consolidazione per ciascun provino;
- diagramma della variazione di volume - logaritmo del tempo, o in alternativa della variazione di volume – radice quadrata del tempo per ciascun provino;

- valore del tempo di fine consolidazione t_{100} di ciascun provino;
- peso di volume, contenuto d'acqua e grado di saturazione di ciascun provino al termine della fase di consolidazione;
- dimensioni dei provini al termine della fase di consolidazione;
- velocità di deformazione adottata nella fase di rottura;
- tabella di sintesi con i valori di sforzo deviatorico, deformazione assiale, variazione volumetrica e pressione interstiziale registrati per ciascun provino in fase di rottura;
- peso di volume, contenuto d'acqua e grado di saturazione di ciascun provino al termine della fase di rottura;
- diagramma dello sforzo deviatorico - deformazione assiale per ciascun provino;
- diagramma della variazione volumetrica - deformazione assiale per ciascun provino;
- diagramma del rapporto degli sforzi principali efficaci - deformazione assiale per ciascun provino;
- valori dello sforzo deviatorico e della deformazione assiale a rottura per ciascun provino;
- rappresentazione del percorso di sollecitazione di tutti i provini sottoposti a prova, espresso in termini di sforzi efficaci nel piano p'/q , con indicazione dell'involuppo di rottura;
- rappresentazione dello sforzo a rottura in termini di sforzi efficaci nel piano σ/τ a mezzo di cerchi di Mohr, con indicazione dell'involuppo di rottura;
- indicazione del valore di resistenza al taglio del campione esaminato, espresso in termini di tensioni efficaci dai parametri c' e ϕ' ;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico; manometri o trasduttori di pressione), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

4. PROVE DI DIAGNOSTICA STRUTTURALE

1. CALCESTRUZZO

1.1 Valutazione della Resistenza meccanica con Ultrasuoni

Riferimento normativo: UNI EN 12504-4 TU 2008, CSLP2017

Attraverso una strumentazione a emissione di ultrasuoni si possono stimare le caratteristiche meccaniche del cls. La sua utilizzazione 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 la Resistenza a compressione 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 gesso. 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 - 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

E' 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

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 gesso. 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 un punto che non presenti dei ferri di armatura per un raggio di 5 cm.

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 pareti della parte alesata.

Avvitare il cilindro filettato del martinetto fino a contrasto.

Attivare l'apparecchiatura di estrazione fino al raggiungimento della rottura cogliendo la forza massima impiegata.

Dal valore della forza di rottura si stima la Resistenza del calcestruzzo R_c mediante le correlazioni fornite dalla letteratura tecnica di cui si riportano quelle più utilizzate per F espresso in kN.

-formula sperimentale 4 EMME Service Spa: $R_c = 0,925 F + 9,0$ [MPa]

-formula indicata da DICCA UNI GE: $R_c = 0,940 F + 9,6$ [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 3 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 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 gesso. Liberare le zone scelte dall'intonaco o quant'altro non faccia parte del materiale in esame. Provvedere che la superficie di impatto sia liscia.

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);
- condizione di umidità superficiale del calcestruzzo al momento della prova;
- 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.

1.4 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 gesso. 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 tre 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.

1.5 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 fenoftalina.

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 fenoftaleina 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 distacco 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:

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

S.M.

1.6 Carotaggio

Riferimento normativo: UNI EN 12504-1, CSLP2017

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 gesso. 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 inseriti 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.

1.7 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 sfruttate diverse tipologie di sensori, quali estensimetri elettrici (strain-gauges) o sensori a corda vibrante.

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.

La corda vibrante, di cui la frequenza di vibrazione varia con la deformazione, è predisposta su un apposito supporto che può essere fissato con gli estremi alla superficie o annegato nel calcestruzzo stesso.

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 (o fissare lo strumento a corda vibrante).

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.

1.8 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 gesso, 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. E' 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.

1.9 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 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, e/o filmati, dell'endoscopia.

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

1.10 Verifica del profilo di penetrazione dello ione-cloruro

1.10 Verifica del profilo di penetrazione dello ione-cloruro

Riferimento normativo: UNI EN 206-1, ASTM C114

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. La quale è espressa come percentuale in peso sul contenuto di cemento e deve essere inferiore alla soglia critica dello 0,4%, 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, oppure 1,5 cm, 3,0 cm, 4,5 cm), e raccogliendo le polveri così generate. Per la prova necessita una quantità di polvere di almeno 5÷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:

$$\% \text{ cloruri cemento} = \frac{\text{cloruri cls } [\%] \cdot \text{peso specifico cls } \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right]}{\text{dosaggio cemento } \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right]}$$

Apparecchiatura

Specifica 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.

1.11 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;
- 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;
- 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);
- tabella riassuntiva dei risultati.

Allegare la foto della strumentazione installata.

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

1.12 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 secondo la 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 trasmettente/ricevente di campo elettromagnetico 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 delle armature rilevate con indicazione dello spessore di copriferro e del diametro con indicazione della precisione presunta.

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

1.13 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 sotto pelle 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 l'inclinazione del taglio a 45° , l'ortogonalità dei tagli a distanza 60 mm, 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.



1.14 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 carotaggio 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 $\frac{1}{4}$ 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 della trave 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.



2. ACCIAIO

2.1 Prelievo di armature

Riferimento normativo: UNI EN 10002-1, UNI EN ISO 15630-1

L'obiettivo del prelievo di campioni di ferro d'armatura è l'esecuzione dei successivi test chimici, fisici e/o meccanici 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 ferri d'armatura con indagine pacometrica, segnandoli con 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.

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 con attenzione 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 e la lunghezza precisa.

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.

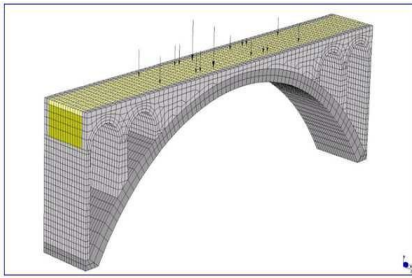
Resoconto di prova

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.

PONTI	
Fase	Operazione
1	1.2 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.
	1.3 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.
	1.4 Rilievo geometrico di dettaglio Rilievo geometrico ex novo se non esistente e trasformazione in formato CAD.
	1.5 Costruzione di un modello numerico agli elementi finiti Sulla base dei rilievi e dei disegni di dettaglio deve essere realizzato il modello matematico 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.
	
	1.4 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 purchè siano almeno il triplo e tarate sulla base delle prove distruttive.
	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: <ul style="list-style-type: none"> - 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.

2	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>
	<p>2.2 Esecuzione delle indagini in campo ed in Laboratorio</p> <p>Esecuzione delle indagini previste nel Piano delle indagini, possibilmente a livello LC3, con particolare attenzione al rilievo delle armature nei punti critici.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>
3	<p>3.1 Costruzione del modello numerico calibrato</p> <p>Costruzione di un modello aderente al comportamento reale con la calibrazione ottenuta attraverso la variazione delle ipotesi di input fino alla migliore corrispondenza tra risposta teorica e risposta sperimentale.</p> <p>Il modello sarà sottoposto alle sollecitazioni dei carichi permanenti e accidentali previsti a norma ed allo spettro sismico corrispondente alla localizzazione del sito.</p> <p>Saranno individuati gerarchicamente gli elementi strutturali più sollecitati confrontando le sollecitazioni con i parametri resistenti delle prove eseguite in campo ed in laboratorio.</p> <p>3.2 Progetto di adeguamento</p> <p>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.</p>
4	<p>4.1 Caratterizzazione dinamica sperimentale finale</p> <p>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.</p> <p>4.2 Prova di carico di collaudo</p> <p>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.</p>



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.

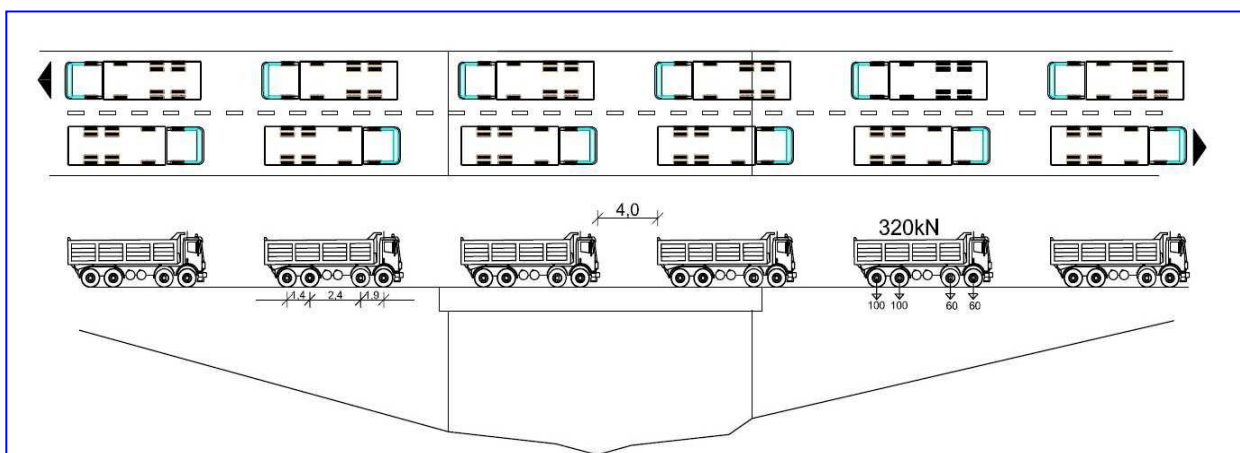
Un carico eccezionale è transitabile su un ponte quando produce delle sollecitazioni, di momento e di taglio, sempre inferiori alle sollecitazioni ammesse.

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 nell'art. 62 comma 3, che prevede un veicolo a 4 assi con massa limite pari a 32 t.

L'esempio riporta il treno di carico nel transito di un ponte a due corsie.



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:

- ☐ previsto dalla normativa utilizzata nella progettazione di un ponte;
- ☐ estrapolato dal massimo carico previsto dal Codice della Strada;
- ☐ previsto da un limite imposto attraverso opportuna cartellonistica di limitazione.

Costruito un modello di ponte di riferimento attraverso la condizione isostatica, indipendentemente dalla reale tipologia costruttiva, si calcola il rapporto tra il Momento massimo prodotto $M_{max,p}$ ed il Taglio massimo prodotto $T_{max,p}$ dal carico eccezionale col Momento massimo di confronto $M_{max,c}$ ed il Taglio massimo $T_{max,c}$.

La valutazione va eseguita studiando l'avanzamento del treno di carico da un estremo all'altro e calcolando l'involuppo dei massimi Momenti e dei massimi Tagli sia per il treno di carico prodotto che per quello di confronto.

Tipologia di carico previsto dalle norme

Si procede quindi a calcolare la curva che rappresenta il rapporto tra i due involuppi, quello prodotto e quello di confronto, sia per il Momento sia per il Taglio.

Il valore maggiore di tutti questi rapporti è definito:

R_t = Rapporto di Transitabilità

R_t è il parametro che genera l'ammissibilità o meno del transito del carico eccezionale. In altre parole, se $R_t < 1$ il carico eccezionale è transitabile in quanto produce in ogni punto della luce, durante il transito, delle sollecitazioni di Momento e di Taglio sempre inferiori a quelle ammesse.

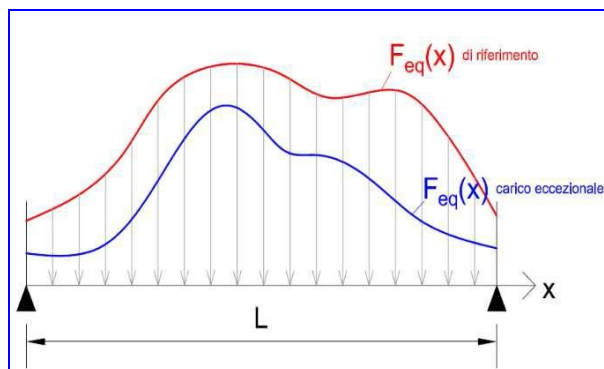
Tenuto conto che non si conoscono i reali gradi di vincolo, l'individuazione di R_t deve essere effettuata nell'ipotesi peggiore, in quanto è necessario ottenere un valore sempre cautelativo.

L'analisi di tutte le combinazioni possibili si presenta estremamente complessa soprattutto in presenza di molte forze concentrate e/o distribuite.

Tutto il procedimento può essere semplificato immaginando di trasformare una combinazione di carico complessa in una sola forza equivalente.

In altre parole, è sempre possibile sostituire un treno di carico complesso, formato da più forze concentrate e/o distribuite, con un'unica Forza equivalente $F_{eq}(x)$ di intensità variabile lungo la luce.

Se, come rappresentato indicativamente dalla figura, l'andamento della Forza equivalente prodotta dal carico eccezionale è sempre inferiore a quella ammessa di riferimento, allora anche tutte le possibili sollecitazioni prodotte, taglio, momento, forze su pendini o su tiranti, è inferiore.






L'Andamento del *Momento o Taglio eccezionale o di confronto* è ottenuto facendo transitare su ogni ponte la *Forza di Appiano* e calcolando il Momento o Taglio per ogni posizione di transito con intervalli di 1/100 della luce.

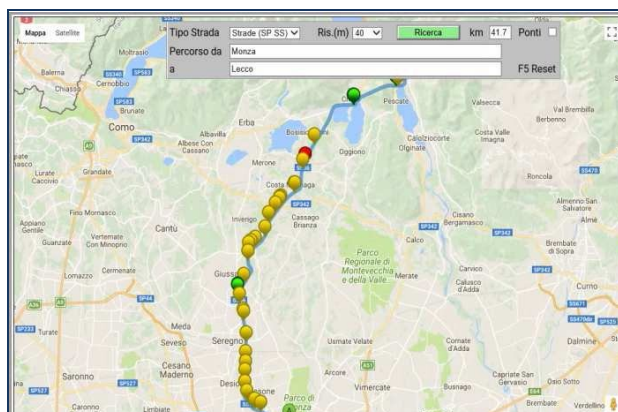
Categorie, Bridge Demo

N°	Descrizione	N	F [kN]	m [m]	i [m]	Q [kN/m]	Q Impulso	Larghezza Carica [m]	F Conso > 1 [kN]	Q Conso > 1 [kN/m]	Coef. (F)	Coef. (Q)
1	distribuita	0	0	0	0	5		0	0	0	1,1	
2	categoria 1-Circ-1962-Schema 4	0	0	0	0	12,8		3,5	0	6,5	1,1	
3	categoria 1-Circ-1962-Schema 5	0	0	0	0	24		3,5	0	6,5	1,1	
4	categoria 1-Circ-1962-Schema 6	0	0	0	0	15,5		3,5	0	6,5	1,1	
5	categoria 2-Circ-1962-Schema 1	0	0	0	0	6,5		3,1	0	6,5	1,1	
6	categoria 2-Circ-1962-Schema 2	0	0	0	0	9,7		3,1	0	6,5	1,1	
7	categoria 2-Circ-1962-Schema 3	0	0	0	0	4		0	0	0	1,1	
8	categoria 1-DM60	3	200	15	1,5	8,57		3,5	150	4,28	1,1	
9	categoria 2-DM60	3	150	15	1,5	4,28		3,5	100	4,28	1,1	
10	categoria 1-TU 2008	2	300	0	1,2	9		3	200	2,5	1,1	
11	categoria 2-TU 2008	2	240	0	1,2	7,2		3	200	2,5	1,1	

In base al rapporto tra valori di Momento e Taglio prodotti e di confronto si potrà ottenere che:

- ☐ il Momento e il Taglio hanno sempre valori inferiori al 50% di quello di confronto. In questo caso il **carico eccezionale è transitabile liberamente**: semaforo verde  ;
- ☐ il Momento o il Taglio hanno superato il 50% del valore di confronto e pertanto deve essere previsto un **transito con limitazione del traffico** e con la condizione di passare al centro della carreggiata: semaforo giallo  ;
- ☐ il Momento o il Taglio hanno superato il 100% del valore di confronto e pertanto la verifica è considerata negativa. Il **carico eccezionale non può transitare** su quel ponte: semaforo rosso  .

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 M.I.T. 2020) 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.

Carichi eccezionali. Bridge Demo

N° 1 Data 29/11/2016 Front  Periodo di validità: Inizio 29/11/2016 Fine 29/11/2016 Esci

Lista percorsi: ☒ IT171 Progs

	Richiedente	Mega Canyon
Larghezza (m)	0	
Altezza (m)	5	
Raggio curvatura (m)	0	
Lunghezza (m)	0	
N° Asse	8	
Coeff. di sicurezza per gli ostacoli (%)	10	

N° asse	1	2	3	4	5	6	7	8
Forza (kN)	70	140	140	140	140	140	140	140
Interasse (m)	3	1.3	3.5	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3

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.

S.M.