

**R
A
P
P
O
R
T
O
T
E
C
N
I
C
O**

Intervento n°163/ME eseguito il 24 aprile e 16 maggio 2017

Committente: Città Metropolitana di Messina

Ubicazione: Viadotto sul Torrente Mela – SP 72° - Milazzo (Me)



Commissionato da	Ing. Manlio Marino				
	Via Placida 6 – 98100 Messina				
	P. IVA 00453290835 C.F. MRNMNL52C30F158V				
Archivio	Lavoro 2017\163ME - Ing. Manlio Marino - Viadotto Mela				
Revisione/Data	Rev.0				
Offerta / data	via e-mail - CIG Z101BF6BBB				
Eseguito il	24 aprile e 16 maggio 2017				
Impaginato il	15/07/2017	Codici delle tipologie d'indagine			
	Operatori: EG,DL		SONREB,CARB,LAB,DIN		
Redatto	Geom. A. Zago	Verif.	Dott. L. Vettore	Approvata	Ezio Giuffrè
	<i>A. Zago</i>	<i>Manlio Marino</i>		<i>E. Giuffrè</i>	

Indice generale

1. Premessa	3
2. Descrizione delle strutture	3
3. Descrizione delle prove	5
3.1. Indagine SonReb	5
3.2. Prelievo di campioni e prove di laboratorio	8
3.3. Carbonatazione (UNI 9944)	8
3.4. Caratterizzazione dinamica degli impalcati	9
4. Ubicazione delle prove	10
5. Risultati delle prove	12
5.1. Caratterizzazione dinamica	12
5.2. Prove SonReb	17
5.3. Carbonatazione	20
5.4. Prove di laboratorio su campioni di malta - Certificati	23
6. Immagini fotografiche	27
7. Descrizione delle apparecchiature di misura	35
7.1. Sclerometro	35
7.2. Ultrasuoni	36
7.3. Tromino	36
7.4 Carotatrice "Hilti DD 160-E"	38

1. Premessa

I giorni 24 aprile e 16 maggio 2017, presso il **Viadotto Mela sulla S.P. 72A (via Spiaggia di Ponente)**, ed alla presenza dei signori:

- | | |
|-----------------|-------------------------------------|
| - Manlio Marino | Ingegnere – Tecnico Incaricato; |
| - Ezio Giuffrè | Dir. Tecnico – Metralab Sud s.r.l.; |
| - Davide Lupica | Assistente – Metralab Sud s.r.l.; |

Metralab Sud s.r.l., incaricata dall' **Ing. Marino** ha effettuato una serie di indagini sperimentali sulle strutture del manufatto in esame, oggetto di verifiche tecniche.

Il presente rapporto tecnico è composto da pagine ed è formato da un indice generale, una premessa, una descrizione delle strutture indagate, la descrizione di ognuna delle indagini effettuate e la sintesi dei risultati.

Nota Generale – **Metralab Sud s.r.l.** si assume le responsabilità per la precisione delle rilevazioni effettuate e garantisce che tutta l'attrezzatura di misura è periodicamente verificata. L'elaborazione dei dati rappresenta un sussidio al tecnico incaricato.

Copie di questo documento si trovano nell'archivio cartaceo ed elettronico di **Metralab** con il nome di “163ME - Ing. Manlio Marino - Viadotto Mela” e saranno conservate per almeno 10 anni.

2. Descrizione delle strutture

Il manufatto in oggetto è un viadotto in cemento armato a cinque campate, due spalle e quattro pile di larghezza circa 10 m a due sensi di marcia con piano stradale di 8 m e due marciapiedi di larghezza 1 m gettati in opera contestualmente alla soletta di completamento: i marciapiedi sono a sbalzo rispetto alle travi esterne.

Spalle e pile in cemento armato sono fondate su pali solidarizzati da piastre anch'esse in cemento armato; sia le spalle che le pile sostengono gli impalcati mediante travi a cassone riempiti di sabbia con trave d'appoggio sostenuta da n°5 mensole gettate in opera (si veda foto n°1 e n°2).

Le campate sono realizzate mediante n°6 travi in cemento armato a T rovesciato con soletta di completamento gettata in opera e collegate da traversi anch'essi gettati in opera.

Spalle, pile e le solette dei marciapiedi sono in evidente stato di degrado.



foto n°1 - spalla

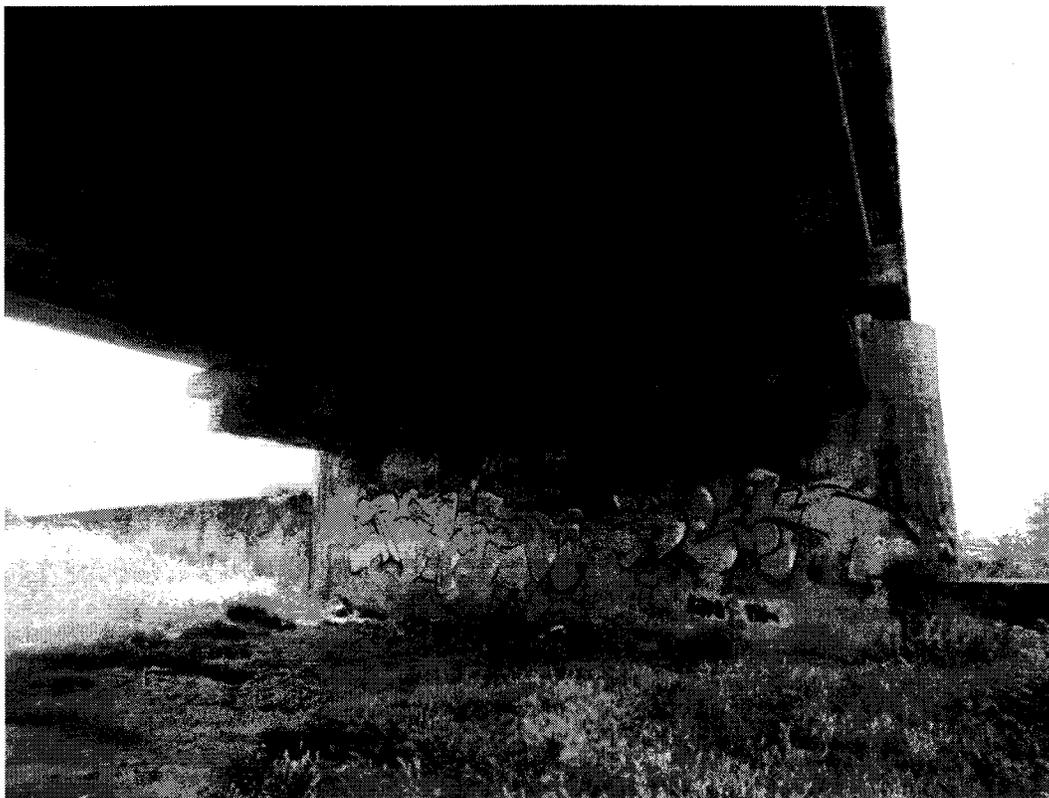


foto n°2 - pila

3. Descrizione delle prove

In particolare sono state eseguite:

- n°5 prove SonReb per la resistenza a compressione del cls;
- n°3 prove di carbonatazione su provini cilindrici in c.a.;
- n°3 prelievi di campione cilindrico in c.a. e prove a compressione;
- n°3 prelievi di barra d'armatura in acciaio e prove a trazione;
- n°5 caratterizzazione dinamica degli impalcati mediante Tromino®.

CONSIDERAZIONI – SonReb: l'evidente degrado ha reso molto variabili i risultati delle prove SonReb fatti sulle mensole di spalle e pile i cui valori non possono essere adeguati a quelli delle carote per non incorrere nel rischio di sovrastimare la qualità del calcestruzzo delle zone degradate.

Caratterizzazione dinamica: la notevole differenza di frequenza del primo modo tra la campata centrale (7,4 Hz) e le altre comprese tra 12,5 e 14 Hz, richiede una valutazione specifica e un confronto teorico della campata centrale con le laterali.

3.1. Indagine SonReb

Le odierne metodologie d'indagine sono decisamente orientate verso prove di tipo indiretto o non distruttivo, tali da ridurre al minimo prelievi di materiale dagli elementi strutturali, sia per problemi di salvaguardia nei confronti della staticità che per problemi di costo in relazione al numero di campioni necessari alle prove.

Per quanto riguarda il calcestruzzo, uno dei metodi oggi più utilizzato è il metodo SONREB, basato sulla correlazione tra i dati emersi dalle *prove ultrasoniche*, che forniscono dati tramite la misura della velocità dell'onda all'interno del materiale, e quelli delle *prove sclerometriche*, derivati dalla misura dell'indice di rimbalzo.

La combinazione dei due risultati, ottenuti separatamente e mediati su un certo numero di saggi ricavati nella stessa area, conduce alla stima di un dato ritenuto sufficientemente attendibile.

E' opinione diffusa che le correlazioni tra le prove non distruttive e la resistenza a compressione del calcestruzzo non possano stabilirsi in generale, ma debbano definirsi di volta in volta in base ai dati relativi al caso specifico in esame.

La resistenza stimata con il metodo SONREB è, in forma generale, fornita dalla relazione:

$$R_{c,SONREB} = a S^b V^c$$

dove cui le costanti a , b , c possono essere ricavate mediante una regressione non lineare correlando la resistenza a compressione $R_{c,car}$ dedotta dalle prove a compressione delle carote prelevate in situ, con l'indice di rimbalzo medio S e la velocità ultrasonica media V , entrambe relative alla zona di estrazione della carota.

Le espressioni in letteratura più utilizzate sono:

RILEM (NDT4, Compendium of RILEM T.R., London 1993)

(tratto da "La stima della resistenza del calcestruzzo in situ mediante prove distruttive e non distruttive" – A. Masi)

$$R_c = 9,27 \times 10^{-11} S^{1,4} V^{2,6} \quad (R_c \text{ in MPa}, \quad V \text{ in m/s})$$

$$f_c = 7,695 \times 10^{-11} S^{1,4} V^{2,6} \quad (f_c \text{ in MPa}, \quad V \text{ in m/s})$$

R. Giacchetti, L. Lacquaniti (Nota tecnica 04, Ancona 1980)

(tratto da "Il controllo strutturale degli edifici in cemento armato e muratura" – R. Giacchetti S. Bufarini V. D'Aria)

$$R_c = 7,546 \times 10^{-11} S^{1,4} V^{2,6} \quad (R_c \text{ in MPa}, \quad V \text{ in m/s})$$

$$f_c = 6,263 \times 10^{-11} S^{1,4} V^{2,6} \quad (f_c \text{ in MPa}, \quad V \text{ in m/s})$$

J. Gasparik (Quaderno didattico A.I.P.N.D., Brescia 1992)

(tratto da "La stima della resistenza del calcestruzzo in situ mediante prove distruttive e non distruttive" – A. Masi)

$$R_c = 8,06 \times 10^{-8} S^{1,246} V^{1,85} \quad (R_c \text{ in MPa}, \quad V \text{ in m/s})$$

$$f_c = 6,69 \times 10^{-8} S^{1,246} V^{1,85} \quad (f_c \text{ in MPa}, \quad V \text{ in m/s})$$

A. Di Leo, G. Pascale (Il giornale delle prove non distruttive n.4, Bologna 1994)

(tratto da "La stima della resistenza del calcestruzzo in situ mediante prove distruttive e non distruttive" – A. Masi)

$$R_c = 1,2 \times 10^{-9} S^{1,058} V^{2,446} \quad (R_c \text{ in MPa}, \quad V \text{ in m/s})$$

$$f_c = 9,96 \times 10^{-10} S^{1,058} V^{2,446} \quad (f_c \text{ in MPa}, \quad V \text{ in m/s})$$

E. Del Monte, G. Lavacchini, A. Vignoli (2004)

(Modelli per la previsione della resistenza a compressione del calcestruzzo in opera. Ingegneria sismica)

$$f_c = 3,7 \times 10^{-7} S^{1,127} V^{1,69} \quad (f_c \text{ in MPa}, \quad V \text{ in m/s})$$

Y. Tanigawa, K. Baba, H. Mori (1984)

(Estimation of concrete strength by combined non-destructive testing method ACI SP 82:1:57-65)

$$f_c = 0,745 S + 0,951 V - 0,544 \quad (f_c \text{ in MPa}, \quad V \text{ in km/s})$$

Kheder 3 (1998)

(A two stage procedure for assessment of in-situ concrete strength using combined non-destructive testing: 410-417)

$$f_c = S^{1,1171} 0,0158 V^{0,4254} \quad (f_c \text{ in MPa}, \quad V \text{ in m/s})$$

$$R_c = S^{1,1171} 1,904 \times 10^{-2} V^{0,4254} \quad (R_c \text{ in MPa}, \quad V \text{ in m/s})$$

E. Arioglu, O. Manzak (1991)

(Application of Sonreb method to concrete samples produced in Yedpa construction site. pp 5-12)

$$f_c = 18,6 \times e^{(0,019 S + 0,515 V)} \quad (f_c \text{ in kg/cm}^2, \quad V \text{ in km/s})$$

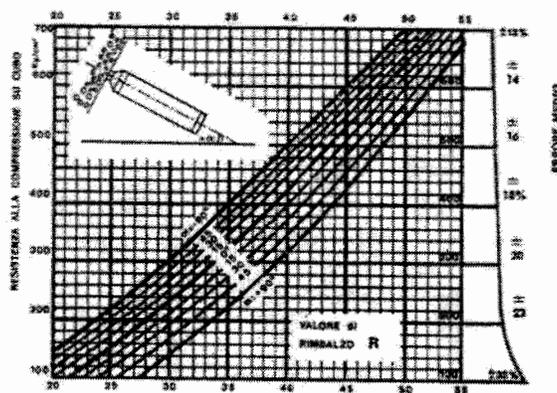
Lo sclerometro usa una massa di acciaio spinta da una molla con costante nota che, colpisce un pistone di acciaio tenuto a contatto con la superficie del calcestruzzo.

L'indice di rimbalzo della massa è misurata su una scala lineare applicata al telaio dello strumento che in relazione all'angolo formato dallo strumento rispetto alla verticale fornisce una stima della resistenza media a compressione del calcestruzzo corticale.

Prima di iniziare le battute sclerometriche la superficie del calcestruzzo dev'essere preparata utilizzando una pietra abrasiva, pietra al carburo di silicio con tessitura granulare media o materiale equivalente.

L'indice sclerometrico determinato mediante questo metodo può essere utilizzato per la valutazione dell'uniformità del calcestruzzo in sito, per delineare le zone o aree di calcestruzzo di scarsa qualità o deteriorato presenti nelle strutture.

Il metodo di prova non è inteso come una alternativa per la determinazione della resistenza alla compressione del calcestruzzo (EN 12390-3) ma, con una opportuna correlazione, può fornire una stima della resistenza in sito.



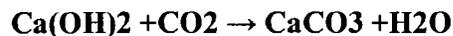
3.2. *Prelievo di campioni e prove di laboratorio*

Sono stati prelevati n°3 campioni cilindrici e n°3 campioni di barra d'armatura, sottoposti successivamente a prove di laboratorio.

3.3. *Carbonatazione (UNI 9944)*

La carbonatazione è un processo chimico, naturale o artificiale, per cui una sostanza, in presenza di anidride carbonica, dà luogo alla formazione di carbonati.

Tale fenomeno è frequente nei materiali edili come i leganti (cemento, calce, ecc.) dove l'idrossido di calcio, naturalmente presente in essi, reagisce con l'anidride carbonica con conseguente formazione di carbonato di calcio secondo la seguente reazione:



La carbonatazione può avere effetti positivi o negativi.

Nel calcestruzzo armato la carbonatazione ha un effetto negativo e rappresenta una delle principali cause di degrado del materiale.

In realtà questo fenomeno non è pericoloso per il calcestruzzo non armato, poiché non provoca danni di tipo meccanico e chimico, né danneggia direttamente i ferri di armatura del calcestruzzo armato; tuttavia, in questo caso, la carbonatazione crea le condizioni favorevoli all'innescò della corrosione dei tondini.

Infatti, l'idratazione del cemento produce idrossido di calcio.

La presenza di Ca(OH)_2 fa sì che il pH del calcestruzzo giovane sia di circa 12,5÷13.

In questo ambiente fortemente alcalino (campo di immunità del ferro) lo strato di ossidi che ricopre le armature risulta compatto e aderente alla superficie del tondino, per cui i ferri di armatura risultano protetti (passivati) poiché la patina di ossido impedisce sia all'ossigeno che all'umidità di arrivare a contatto con il metallo trasformandolo in ossido di ferro.

Quando però l'anidride carbonica dell'aria riesce a diffondersi dall'esterno nei pori della pietra cementizia si innesca il processo di carbonatazione che modifica le proprietà alcaline del conglomerato cementizio poiché la conseguente riduzione dell'idrossido di calcio, determina un abbassamento del pH della pasta cementizia (per un calcestruzzo completamente carbonatato, scende a circa 8,5).

L'abbassamento del pH avviene ovviamente prima nelle zone corticali del materiale e solo successivamente in quelle più interne in funzione della porosità e/o del grado fessurativo del calcestruzzo.

Nei calcestruzzi densi e compatti la carbonatazione interessa di norma solamente i primi millimetri, ma in quelli porosi e/o fessurati può penetrare in profondità fino ad attraversare il copriferro e raggiungere le armature, annullare la passivazione e creare le condizioni per la corrosione.

La corrosione dei ferri si manifesta con la comparsa inizialmente di macchie di ruggine in corrispondenza delle fessure, successivamente tali fessure nel tempo aumenteranno la loro ampiezza e infine si potrà avere il distacco del copriferro.

La determinazione in cantiere dello strato carbonatato di un calcestruzzo, normalmente viene effettuata utilizzando una soluzione alcolica di fenoltaleina (test colorimetrico della fenoltaleina) che viene spruzzata sulla superficie di calcestruzzo da testare preventivamente messa a nudo mediante la rimozione del conglomerato sovrastante.

Il test colorimetrico della fenoltaleina può essere effettuato anche su carote di calcestruzzo prelevate da una membratura, spalmando la soluzione sulla superficie esterna della carota stessa subito dopo il suo prelievo (per evitare la carbonatazione per contatto diretto con l'aria).

Nelle zone a pH superiore a 9 (ricche di calce) la soluzione fa assumere alla matrice cementizia una colorazione rosa tipica della fenoltaleina in ambiente basico, mentre lascia incolori quelle a pH inferiore (calcestruzzo carbonatato).

La prova deve essere effettuata subito dopo la rimozione del calcestruzzo sovrastante in quanto nel tempo lo strato superficiale del conglomerato tende a carbonatarsi a seguito del contatto con la CO₂ presente nell'aria.

3.4. Caratterizzazione dinamica degli impalcati

La caratterizzazione dinamica degli impalcati è stata effettuata utilizzando un sismografo digitale che, rilevando le forzanti naturali generate dai microtremori naturali del terreno, onde di marea e traffico ed analizzando i segnali in chiave di Fourier ha fornito i primi modi di vibrare delle singole campate.

Campata	Luce [m]	Frequenza del 1° modo [Hz]
A	23	12,5
B	23	14
C	30	7,4
D	23	14
E	23	13

NOTA – le campate A, B, D ed E di luce circa 23 m frequenze molto simili; la frequenza della campata centrale C con luce 30 m è apparentemente molto diversa dalle altre di luce 23 m.

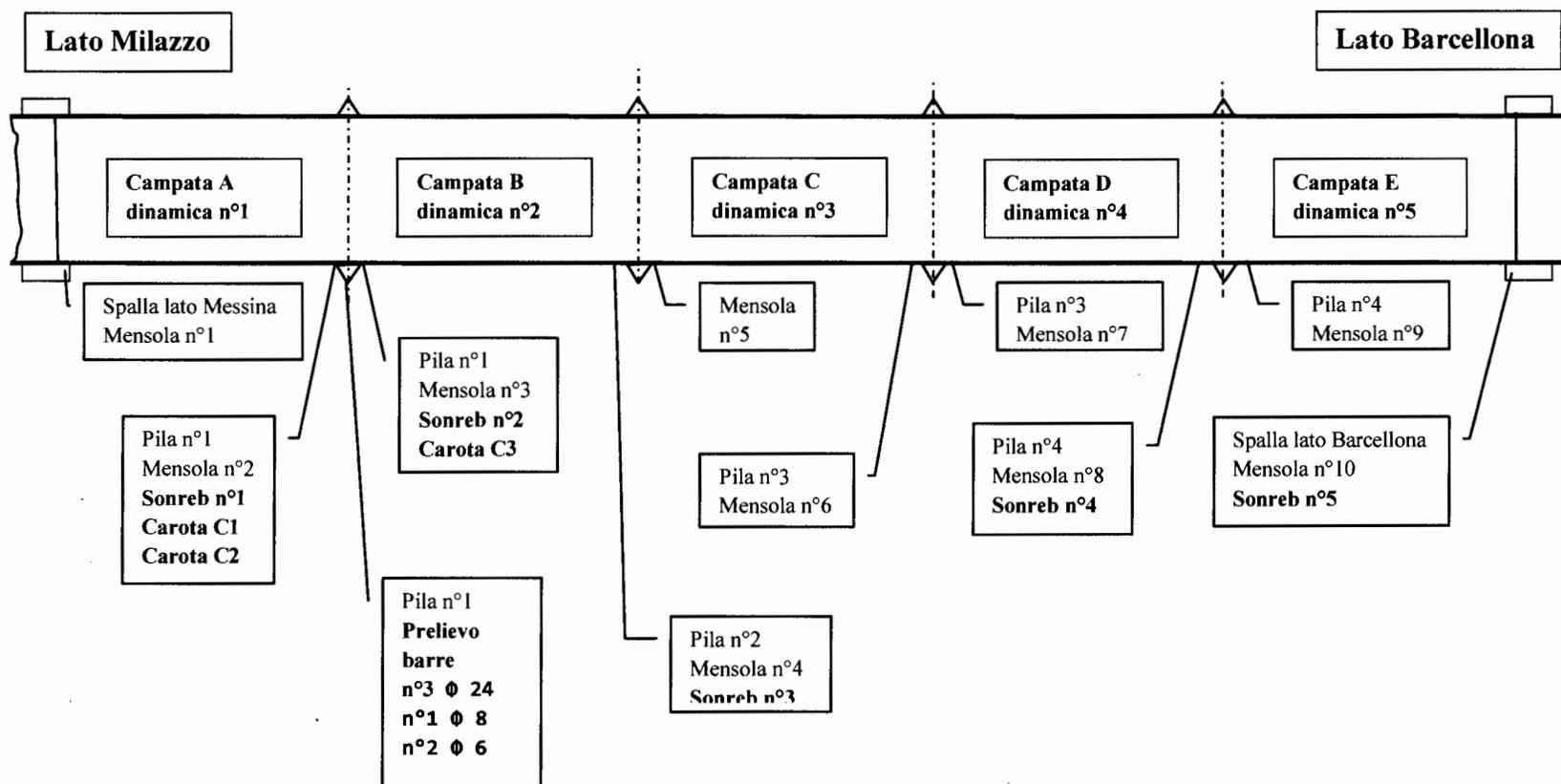
Di fatto usando la formula semplificata della frequenza teorica del primo (F) modo di un impalcato da ponte ferroviario in CAP:

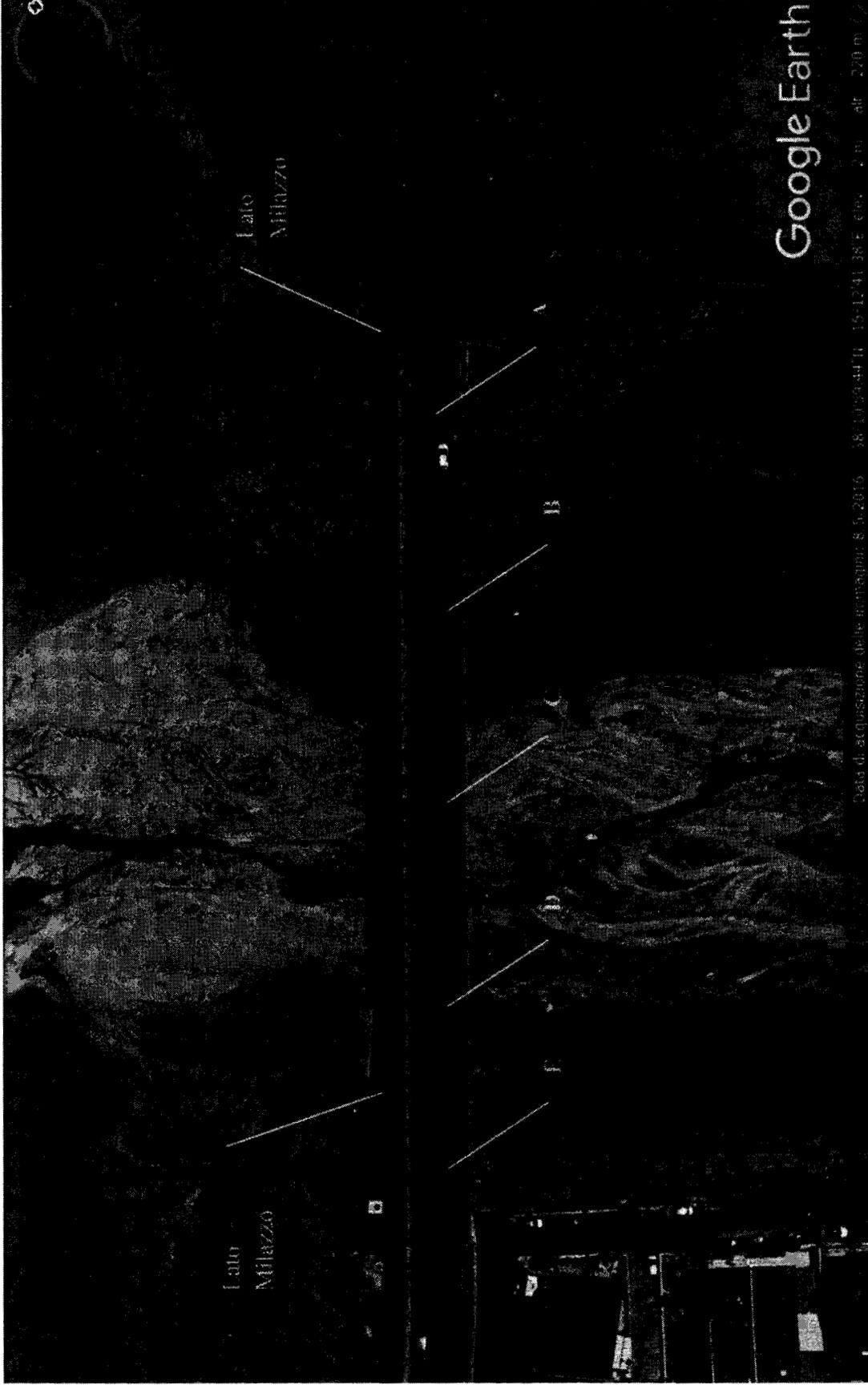
$$F = 17,75 / \sqrt{\delta}$$

dove δ = freccia in mm per carichi permanenti, il valore della frequenza della campata centrale è compatibile con una luce di 30 m.

Le campate A ed E vibrano con valori inferiori alle omologhe B e D; sarà possibile un approfondimento teorico solo conoscendo le reali rigidezze delle varie campate.

4. Ubicazione delle prove

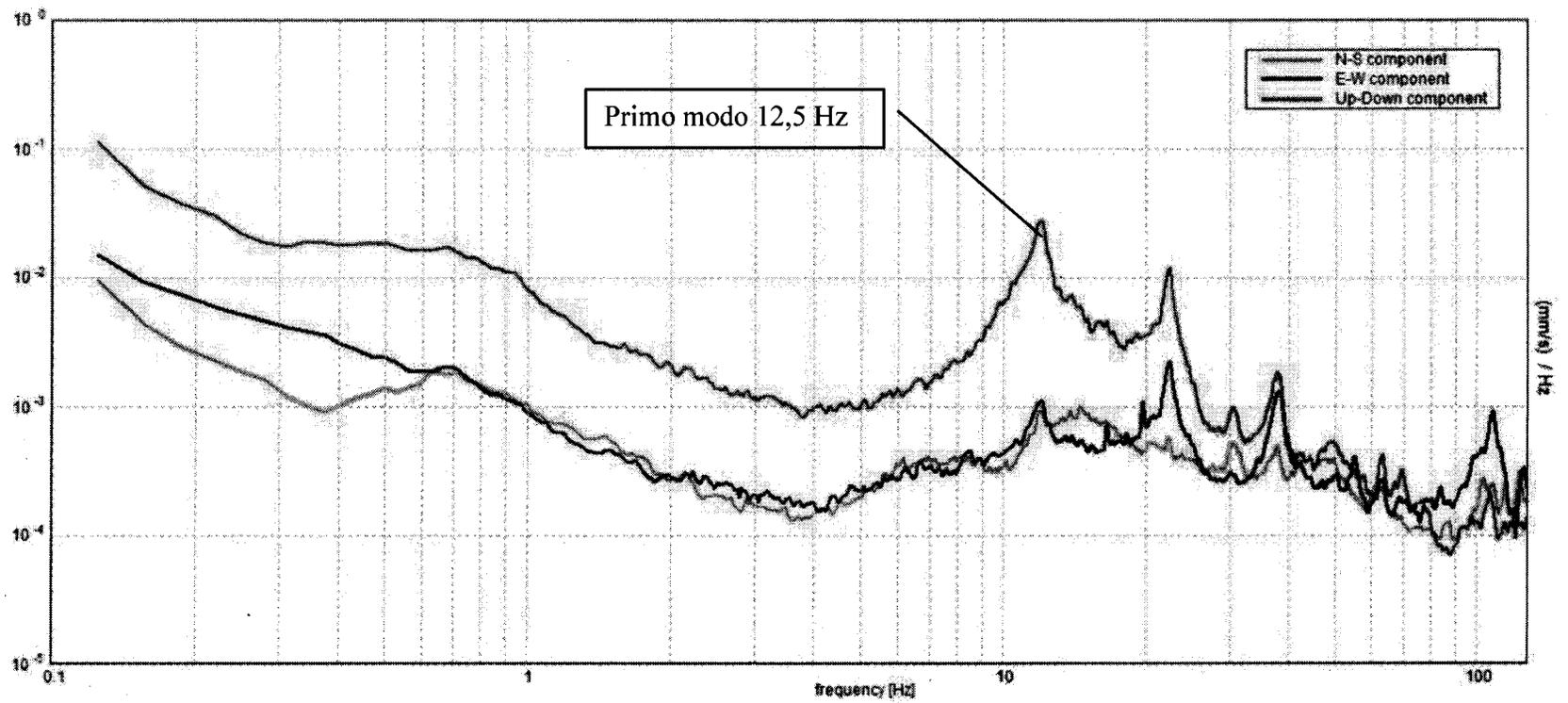




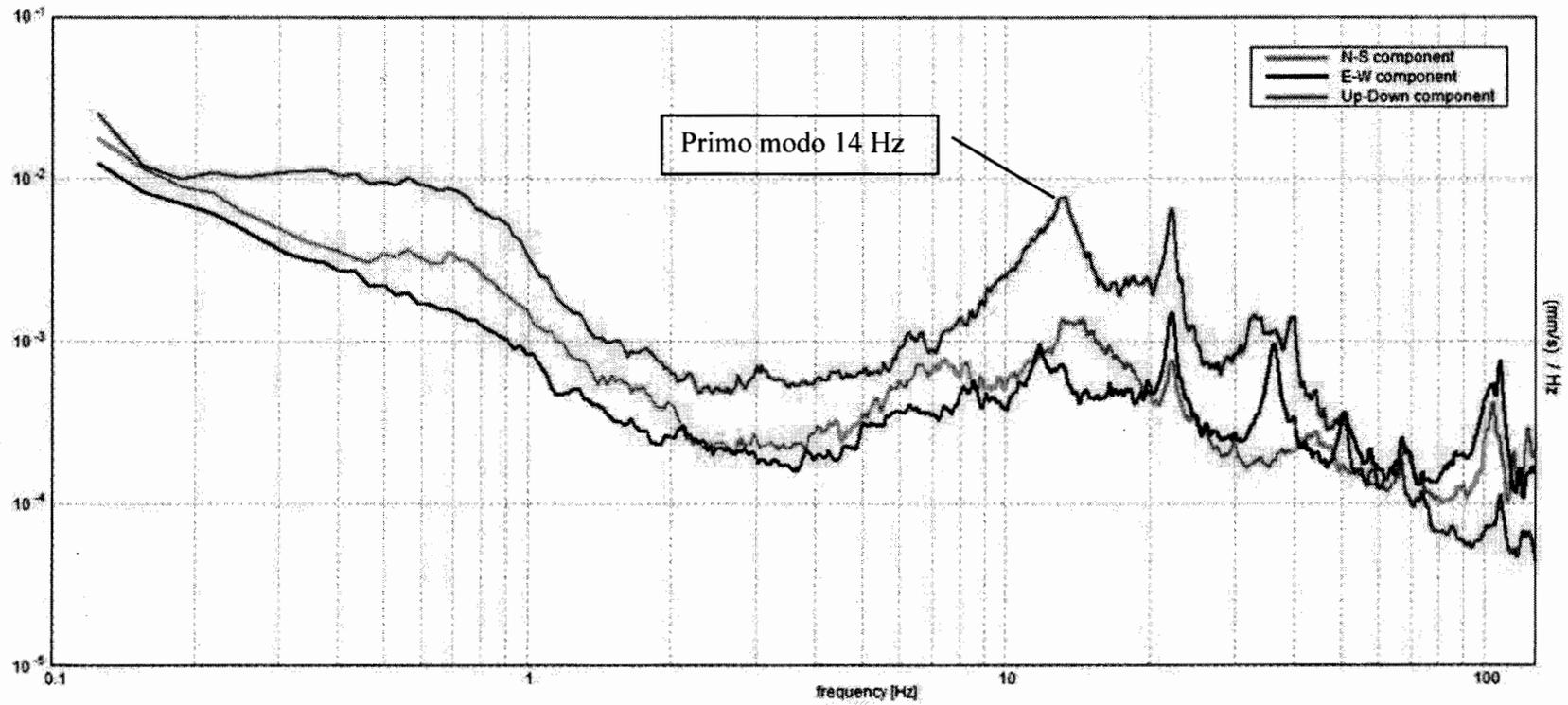
5. Risultati delle prove

5.1. Caratterizzazione dinamica

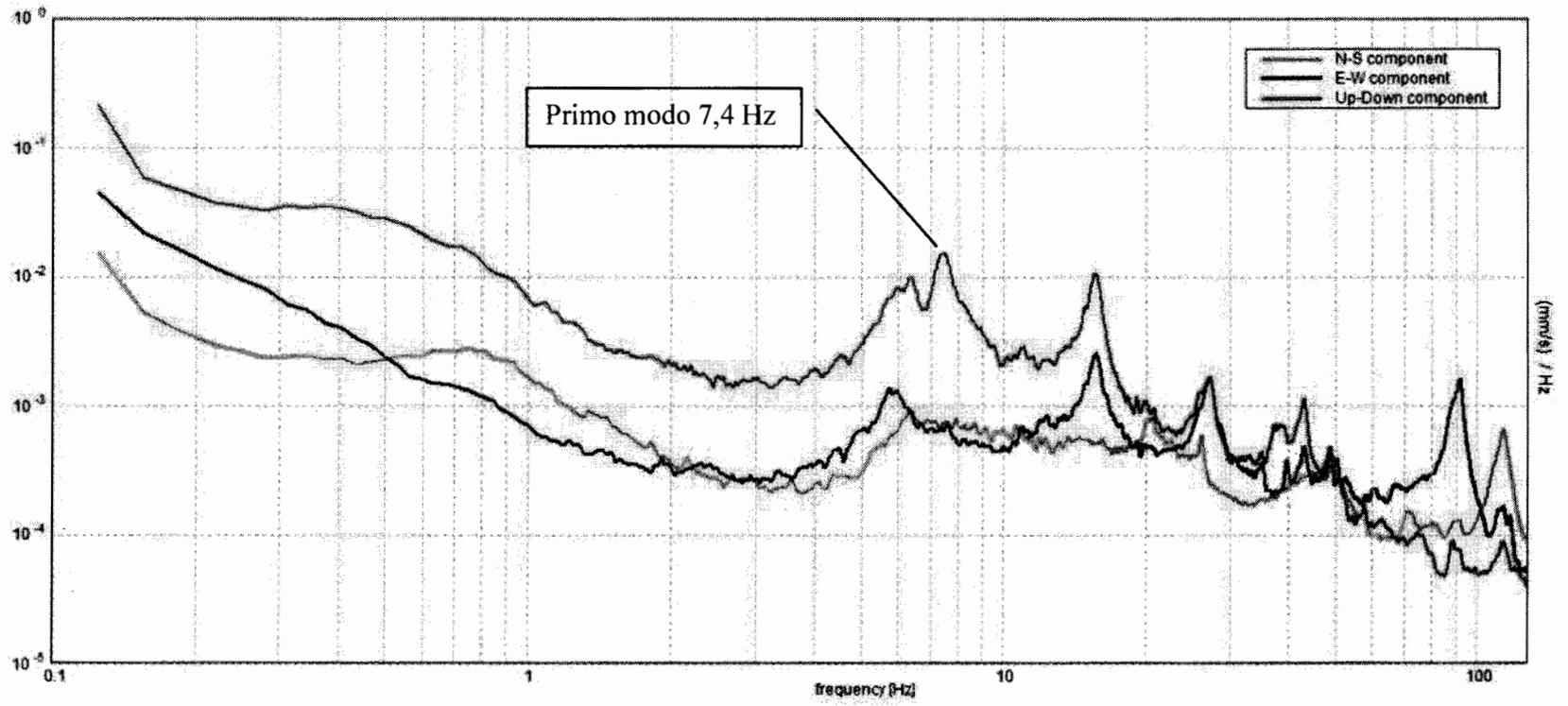
CAMPATA (A)



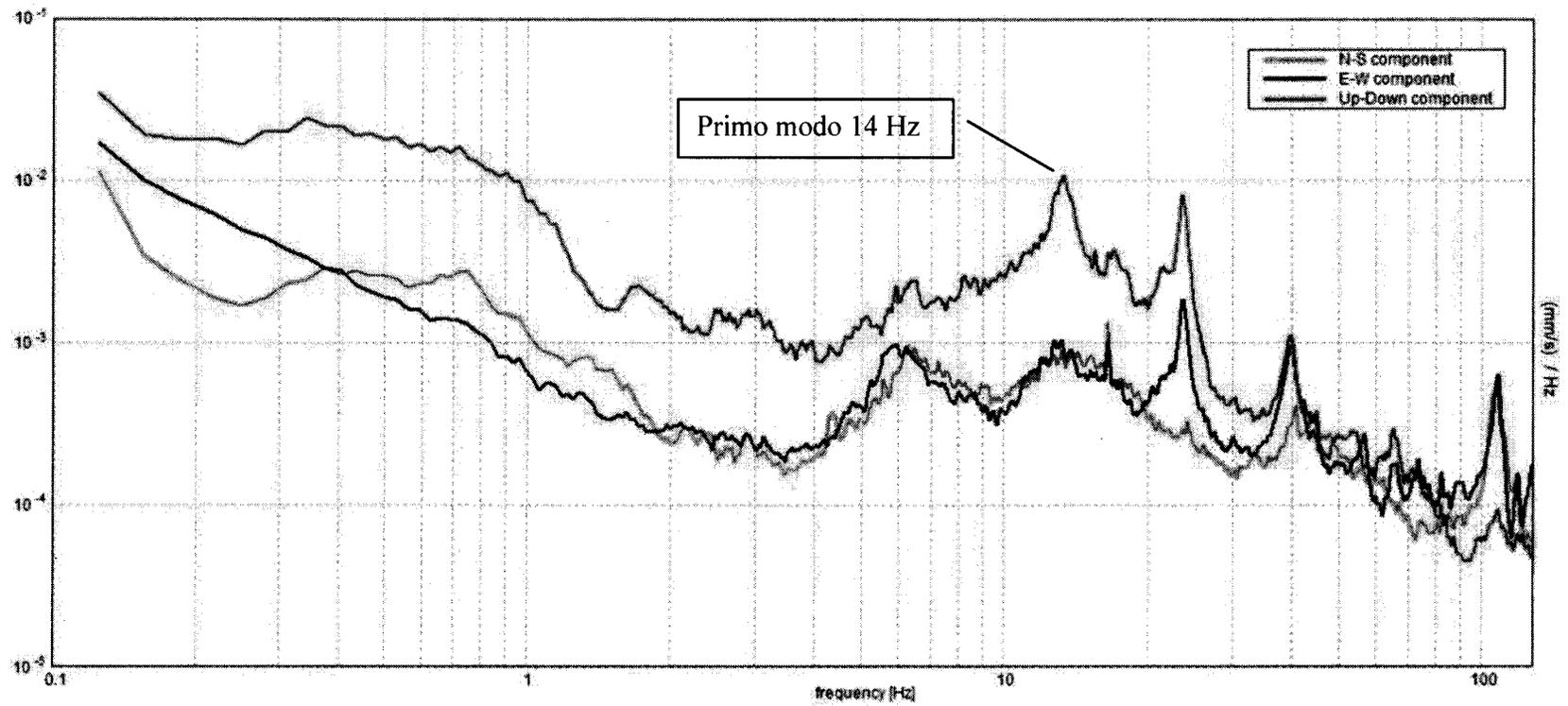
CAMPATA (B)



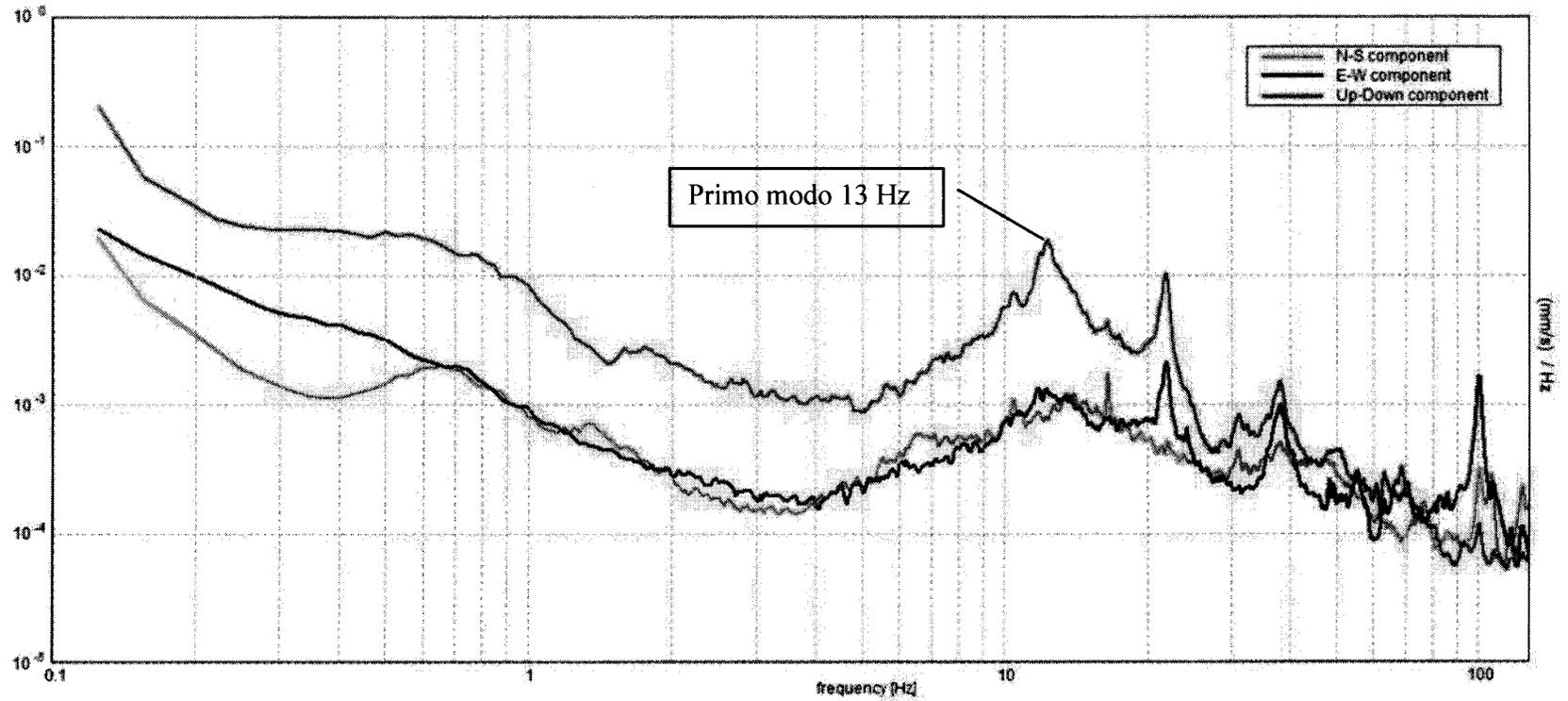
CAMPATA (C)



CAMPATA (D)



CAMPATA (E)



5.2. Prove SonReb

Premessa: in tutte le prove, preso atto della grande variabilità delle velocità dell'onda ultrasonica nel conglomerato, sono state acquisite tre velocità per le quali con l'indice di rimbalzo medio rilevato sono stati elaborati i valori di resistenza in MPa ottenuto con tutte le formule proposte ed elaborata la media degli stessi.

Come sarà possibile osservare i valori di resistenza in MPa hanno una variabilità compresa tra il 213% e il 361 % rendendo di fatto vana la correzione con le prove a schiacciamento.

Prova n°1

Numero battuta	Indice scler.	Indice 10 valori	scostam. media	scostam. 6 unità
1	46	46	-3	no
2	46			
3	48	48	-1	no
4	50	50	1	no
5	53	53	4	no
6	50	50	1	no
7	51	51	2	no
8	52	52	3	no
9	50			
10	42	42	-7	no
11	48	48	-1	no
12	48	48	-1	no
media su 10 val.		48.8		

	V	S	media [Mpa]
Son1	1952	48.8	18.2
	2628	48.8	25
	4058	48.8	47.5

Prova n°2

Numero battuta	Indice scler.	Indice 10 valori	scostam. media	scostam. 6 unità
1	45	45	-2	no
2	41	41	-6	no
3	48	40	-7	si
4	48	48	1	no
5	49			
6	50	49	2	no
7	52	50	3	no
8	46			
9	48	46	-1	no
10	48	48	1	no
11	50	50	3	no
12	52	52	5	no
media su 10 val.		46.9		

	V	S	media [Mpa]
Son-2	2481	46.9	22.3
	3081	46.9	29.5
	4230	46.9	48.7

Prova n°3

Numero battuta	Indice scler.	Indice 10 valori	scostam. media	scostam. 6 unità
1	43	43	-2	no
2	48	48	3	no
3	50	50	5	no
4	50			
5	50	50	5	no
6	52	52	7	no
7	48			
8	4	4	-41	no
9	50	50	5	no
10	48	48	3	no
11	50	50	5	no
12	52	52	7	no
media su 10 val.		44.7		

	V	S	media [Mpa]
Son-3	2573	44.7	22.1
	3028	44.7	27.3
	4282	44.7	47.1

Prova n°4

Numero battuta	Indice scler.	Indice 10 valori	scostam. media	scostam. 6 unità
1	48	48	-1	no
2	48			
3	44	44	-5	no
4	50	50	1	no
5	52	52	3	no
6	48			
7	47	47	-2	no
8	49	49	0	no
9	50	50	1	no
10	52	52	3	no
11	49	49	0	no
12	45	45	-4	no
media su 10 val.		48.6		

	V	S	media [Mpa]
Son-4	1341	48.6	13.6
	2561	48.6	24.1
	4150	48.6	49.1

Prova n°5

Numero battuta	Indice scler.	Indice 10 valori	scostam. media	scostam. 6 unità
1	42	42	-6	no
2	46	46	-2	no
3	46	46	-2	no
4	50	50	2	no
5	52	52	4	no
6	49	49	1	no
7	48			
8	48	48	0	no
9	50	50	2	no
10	49			
11	50	50	2	no
12	48	48	0	no
media su 10 val.		48.1		

	V	S	media [Mpa]
Son-5	1192	48.2	12.6
	2135	48.2	19.5
	3128	48.2	31.1

5.3. Carbonatazione

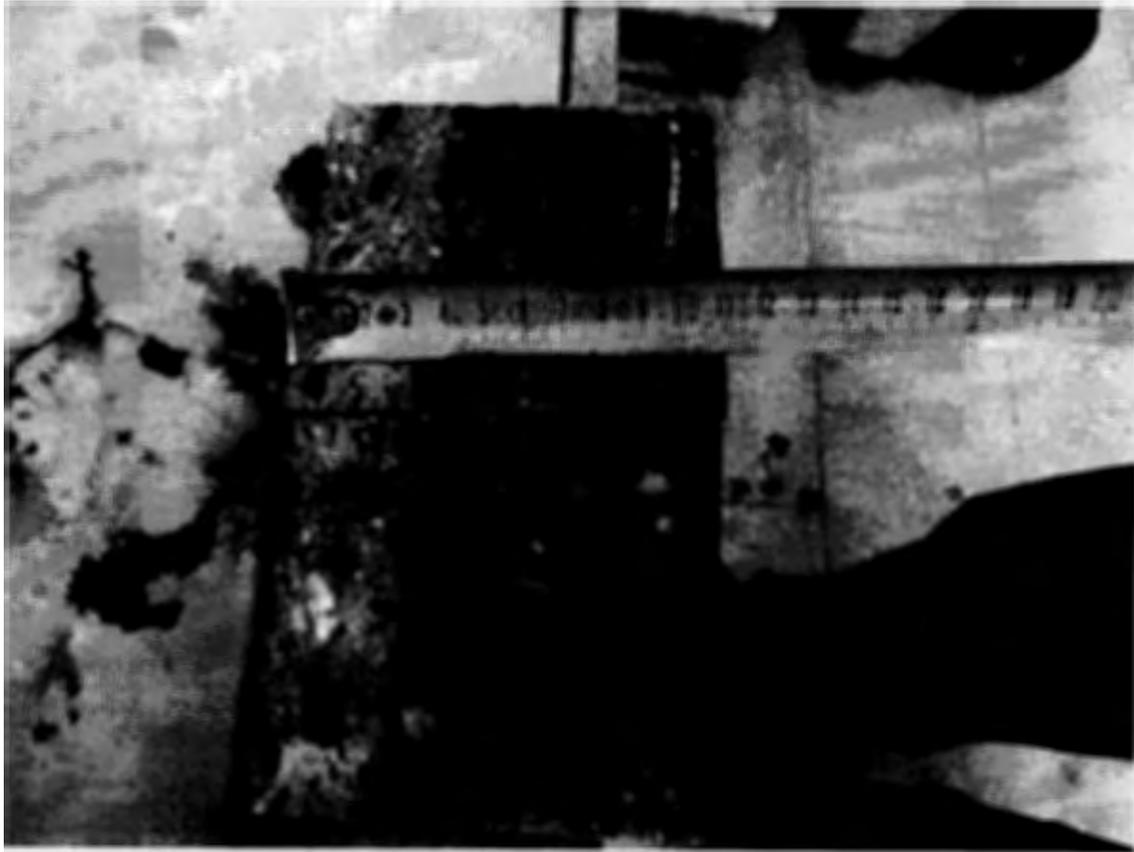
Sono state eseguite n°3 prove di carbonatazione sui campioni cilindrici C1, C2 e C3.

Carota C 1



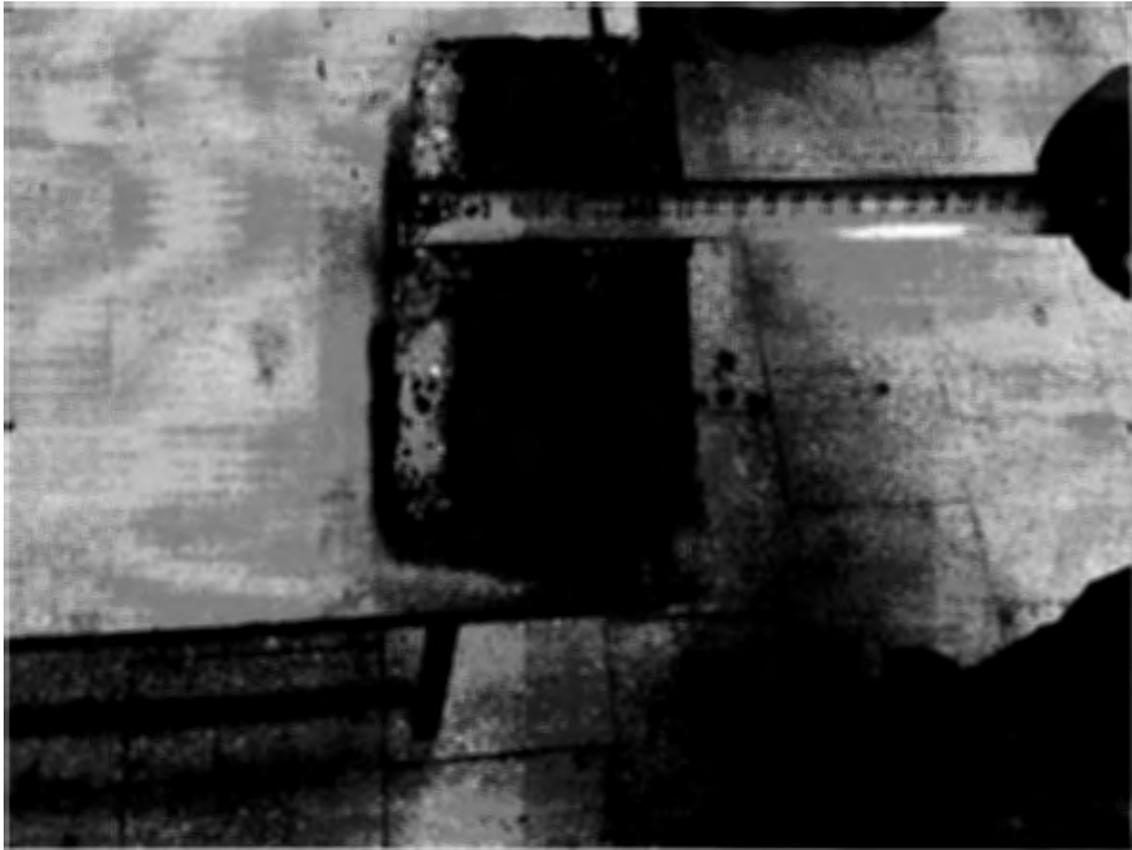
Lo spessore di copriferro carbonatato risulta essere di circa 3 cm.

Carota C 2



Lo spessore di copriferro carbonatato risulta essere di circa 3,3 cm.

Carota C 3



Lo spessore di copriferro carbonatato risulta essere di circa 2,2 cm.

5.4. Prove di laboratorio su campioni di malta - Certificati

 Istituto d'Istruzione Superiore "G. MINUTOLI" Via 37/B - C.da Gazzi - F.do Fucile - 98147 - MESSINA Tel. 0906810168 - Fax 090686195 - C.F. 97061930836 - P.I. 02569990837		
LABORATORIO PROVE MATERIALI Autorizzato ai sensi dell'art. 20, Legge 1086/71, art. 59 D.P.R. 380/01 e C.M. 08/09/2010, n. 7617/STC - Settore A.		
Decr. Autoriz. N.51390/04 del M.I.T., Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici S.T.C. e succ.vi rinnovi, ultimo D.M. 401/15.		
<h2>CERTIFICATO UFFICIALE PROVE</h2> <h3>su materiali da costruzione</h3>		
Protocollo di accettazione richiesta di prova:	CERTIFICATO N.	429 / 17
N° 239 / 17		
del 12/07/2017	Messina	13/07/2017
Data della prova: 12/07/17		
Prova/e richiesta/e da:	Dott. Ing. MARINO Manlio, nella qualità di Tecnico incaricato.	
Provenienza dei campioni dichiarata nella richiesta: Campioni prelevati nel cantiere sito nel Comune di Milazzo (ME), SP. 75Bis, Milazzo- Barcellona, relativi ai lavori di collaudo viadotto Mela.		
Ente Appaltante / Proprietario:	CITTA' METROPOLITANA DI MESSINA	
Tecnico Incaricato delle indagini e sottoscrittore dell'istanza di prova:	Dott. Ing. MARINO Manlio, iscritto al n. 824 dell'albo degli Ingegneri della provincia di Messina.	
Ditta Incaricata:	METRALAB S.r.l. con sede in viale Spagna n. 16 - PONTE SAN NICOLO' (PD)	
Campioni consegnati in laboratorio da:	Dott. Ing. MARINO Manlio	
<h3>PROVE DISTRUTTIVE SU CAROTE DI CALCESTRUZZO</h3> <p>Prova di compressione - Destructive test of concretes</p> <p>Riferimenti legislativi: - Legge 5 Novembre 1971 n° 1086; - D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"; - C.M. n. 617 del 02/02/2009.</p> <p>Procedimento di prova: - Norma UNI-EN 12504-1:2009 - 12390-3:2009</p>		
Apparecchiatura:	Pressa Universale: <input checked="" type="checkbox"/>	RMU 600 KN Classe 1
		CONTROL 3000 KN classe 1
	Conformi Norme:	UNI-EN 7500-1:2005 UNI-EN 12390-4:2002
Taratura delle macchine effettuata in data:	08/11/2016	
Si rilascia a richiesta dell'interessato/a, in carta libera, per gli usi consentiti dalla legge.		
		Pag. 1/2



ISTITUTO D'ISTRUZIONE SUPERIORE "G. MINUTOLI" - MESSINA													
LABORATORIO PROVE MATERIALI autorizzato al sensi dell'art. 20, Legge 1084/71, art. 35 D.P.R. 350/07 e C.M. 05/09/2018, n. 761/SETO - Sebbio A.													
Depr. Autoriz. N. 51390/04 del M.I.T. - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici S.T.C. a succ. vi rinnovi, ultimo D.M. 401/15.													
PROVE DISTRUTTIVE SU CAROTE DI CALCESTRUZZO										CERT.N.	429 / 17		
Prova di Compressione - Destructive test of concretes										Messina	13/07/2017		
1.1 - Procedimento di prova: - Norma UNI-EN 12504-1:2009 - 12390-3:2009													
1.2 - Descrizione della prova:													
<p>Operazioni preliminari all'esecuzione della Prova:</p> <ul style="list-style-type: none"> Il stato effettuato un esame visivo dei provini consegnati al fine di rilevare anomalie che potrebbero compromettere l'esito della prova. Sono state effettuate le misurazioni del diametro, con accuratezza del ±1% nelle due direzioni ortogonali, in corrispondenza dall'azione di estrazione, a metà altezza, ed un quarto dall'altezza. Si è proceduto al taglio e alla rettificazione delle superfici per la conformità al rapporto lunghezza diametro. È stato verificato il diametro massimo dell'inerte. <p>Esecuzione della Prova:</p> <p>Il carico di prova è stato applicato gradualmente, senza urti, ed il gradiente di carico corrisponde a $0,49 \pm 0,09$ MPa/s, aumentato gradualmente fino alla completa rottura del provino (provvedendo, nota del carico massimo raggiunto, la resistenza a compressione viene desumata sulla base di tale carico ed espressa con arrotondamento a 0,49 MPa).</p>													
1.3 - Note aggiuntive al verbale di prova:													
- Non è stata riscontrata la presenza di armature.													
RISULTATI DELLE PROVE													
Condizioni delle superfici del provino al momento della prova: ASCIUTTE													
CARATTERISTICHE DEL PRELIEVO (DATI DICHIARATI)				Dimensioni Provino			Ac	Peso	F	f_c	Attestatura provino	Tipologia Rottura Provino	Verifica dim. Max (mm) Ø - (mm)
Sigla	Verbale N.	Data Prelievo	UBICAZIONE	Ø (cm)	h (cm)	h / Ø	Area Compresa (cm²)	Kg	Carico max a rottura kN	Carico Unitario Rottura MPa (N/mm²)			
C1	N.D.	27/4/17	PILA 1 - MENSOLA MILAZZO - MARE	9,40	9,40	1,0	69,40	1,750	260,23	37,50	R	S	16,0
C2	N.D.	27/4/17	PILA 1 - MENSOLA MILAZZO - MONTE	9,40	9,40	1,0	69,40	1,425	301,14	43,39	R	S	16,0
C3	N.D.	27/4/17	PILA 1 - MENSOLA BARCELLONA - MONTE	9,40	9,40	1,0	69,40	1,485	283,52	46,85	R	S	19,0
<p>Attestatura Provino: R: (Provino sottoposto a rettificazione, perché non conforme alle norme UNI) N.R.: (Provino NON sottoposto a rettificazione, perché conforme alle norme UNI)</p> <p>Tipologia Rottura Provino: S: Soddisfacente N.S.: NON Soddisfacente</p>													
<p>LO SPERIMENTATORE GIUSEPPE MARINO</p>						<p>IL DIRETTORE DEL LABORATORIO Prof. ANGELO GIACCIOLA</p>							
Richiesta n. 239		Richiedente: Dott. Ing. MARINO Manlio, nella qualità di Tecnico incaricato.						Pag. 2/2					



Istituto d'Istruzione Superiore

" G. MINUTOLI "

Via 37/B C.da Gazzi-Fucile - 98147 - Messina

☎ 090.6810168 ☎ 090.686195

C.F. 97061930836 - P.I. 02569990837

LABORATORIO PROVE MATERIALI Autorizzato ai sensi dell'art. 20, L.1086/71 e art. 59 D.P.R. 380/2001 - Settore A - C.M. 08/09/2010, n. 7617/STC

Decr. Autoriz. N.51390/04 del M.I.T., Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, S.T.C. e succ.vi rinnovi, ultimo D.M. 401/15

CERTIFICATO UFFICIALE
PROVE SU MATERIALI DA
COSTRUZIONE

CERTIFICATO N° 430 / 17

Messina, 13/07/2017

Data della prova: 12/07/2017

Protocollo di accettazione richiesta di prova: 239 /17 del 12/07/2017

Prova/e richiesta/e da: Dott. Ing. MARINO Manlio, nella qualità di Tecnico incaricato.

Provenienza dichiarata nella richiesta: Barre prelevate nel cantiere sito nel Comune di Milazzo (ME), SP. 75Bis, Milazzo- Barcellona, relativi ai lavori di collaudo viadotto Mela.

Ente Appaltante/Proprietario: CITTA' METROPOLITANA DI MESSINA

Direttore dei Lavori sottoscrittore della istanza di prova: Dott. Ing. MARINO Manlio, iscritto al n. 824 dell'albo degli Ingegneri della provincia di Messina.

Impresa Esecutrice: METRALAB S.r.l. con sede in viale Spagna n. 16 - PONTE SAN NICOLO' (PD)

Campioni consegnati in laboratorio da: Dott. Ing. MARINO Manlio

PROVE MECCANICHE DEI MATERIALI METALLICI

1) Prova di Trazione su spezzoni di barre d'acciaio per c.a.;

2) Prova di Piegamento.

Riferimenti legislativi: - Legge 5 Novembre 1971 n° 1086;

- D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le costruzioni";

- C.M. n. 617 del 02/02/2009.

Procedimento di prova: Norma UNI-EN-ISO 6892-1:2016 - 7438:2016 - UNI EN 10080:2005 - UNI-EN 15630-1:2010

Apparecchiature utilizzate: Presse Universali: (X)RMU 600 KN Classe 1; (X) LBG 1000Kn Classe 1

Conformi Norme: UNI-EN 7500-1:2016

Taratura annuale delle macchine effettuata in data: 08/11/2016

Il presente in carta libera, a richiesta dell'interessato/a, per gli usi consentiti dalla legge.

Pag. 1/2





**Istituto d'Istruzione Superiore
"G. MINUTOLI"**
Via 37/B - C.da Gazzi-Fucile - 98147 - Messina

LABORATORIO PROVE MATERIALI Autorizzato ai sensi dell'art.28, L.1036/73 e art. 59, D.P.R. 380/2001 - Sezione A - C.M. 08/09/2010, n. 7617/NTC

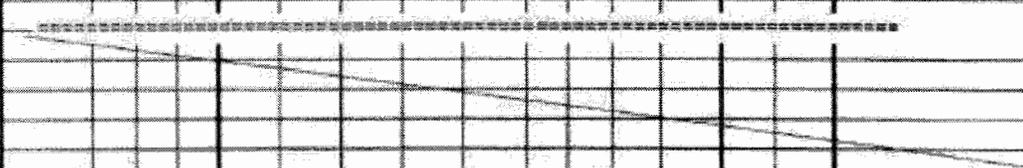
CERTIFICATO N° 430/17 del **13/07/17**

Decr. Autoriz. N.61396/04 del M.I.T. - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici S.T.C. e succ. (v. rinnovi), ultimo D.M. 401/15

1.1 - Procedimento di prova: Norme UNI EN-ISO 6892-1:16; UNI EN ISO 7435-2016; UNI 10286:05; UNI-EN 15630-1:10.
Provette: Si utilizzano provette che rispettano i limiti di tolleranza da norme. Il passaggio dai diametri nominali a quello equivalente è determinato matematicamente.

1.2 - Descrizione delle prove:
1) Trazione: Ha lo scopo di determinare l'area della sezione, il carico di snervamento superiore R_{eH} , quello inferiore R_{eL} , quello istantaneo di rottura R_m (questo rapporto tra il carico max e l'area iniziale, così come individuati dalle curve, si determina per allungamento percentuale a rottura "A" rispetto all'iniziale, nota la lunghezza iniziale L_0 e quella finale L_u , verificando almeno la posizione di rottura al fine della validità della misurazione. Si determina anche l'allungamento percentuale totale Agt , utilizzando la forza max applicata.
2) Piegamento: Si piega il provino su rullo, si piega a 90°, si mantiene per un'ora a 100°C, poi si raffredda all'aria e si raddrizza per almeno 20° verificando l'assenza di incrinature al fine dell'esito positivo di prova.

RISULTATI DELLE PROVE DI TRAZIONE E PIEGAMENTO SU BARRE D'ACCIAIO PER C.A.															
CARATTERISTICHE DEL PRELIEVO - DATI DICHIARATI DAL D.L.				TRAZIONE:								PIEGAMENTO:		Posizione nella Struttura (dichiarata dal D.L.): NON Dichiarata:	
DATA PRELIEVO	Verboale n.	SIGLA CAMPIONE	Ø Nominale	Ø Effettivo	Area, barra liscia equisp.	Peso per metro lineare	R _e		R _m	E _{0.2}	E _{0.01}	A	Agt - Agt ₂₀₀₀₀		Ø Mandrino
							Tensione di Snervam.	Tensione di Rottura						mm	
27/04/17	N.D.	1	24	22,71	405,06	3,180	396,82	627,84	1,06	1,54	22,90	32,93	N.R.	---	Marchio Non rilevabile (2)
27/04/17	N.D.	2	24	23,89	416,48	3,262	365,86	597,22	0,98	1,63	13,46	7,47	N.R.	---	Marchio Non rilevabile (2)
27/04/17	N.D.	3	24	24,47	474,13	3,722	385,94	636,84	1,04	1,65	19,39	9,97	N.R.	---	Marchio Non rilevabile (2)
27/04/17	N.D.	4	6	5,75	25,96	0,204	184,48	283,78	0,49	1,10	19,33	3,11	N.R.	---	Marchio Non rilevabile (2)
27/04/17	N.D.	5	6	6,49	33,20	0,283	189,84	222,63	0,51	1,17	20,40	4,48	N.R.	---	Marchio Non rilevabile (2)
27/04/17	N.D.	6	6	7,86	48,36	0,381	375,93	567,20	1,00	1,31	15,83	2,14	N.R.	---	Marchio Non rilevabile (2)



Esito Prova Piegamento:	S.C.= Senza cricche	T _{0.2} Tensione caratteristica
N.B.= Non Dichiarato/a	C.C.= Con cricche	A% Allungamento percentuale a Rottura
	N.R.= Non Richiesta	R _m Tensione di rottura

Note aggiuntive al verbale di prova: (2) Marchio di produzione non identificabile in quanto i provini, consegnati in laboratorio, hanno superfici corrosive che ne impediscono l'operazione.

IL TECNICO SPERIMENTATORE

Manlio Marino



DIRETTORE DELL'AMBITO
Giuseppe Biaggi

Richiesta prova N.	239	Anno: 2017
Richiedente: Dott. Ing. MARINO Manlio, nella qualità di Tecnico incaricato.		Pag. 2/2

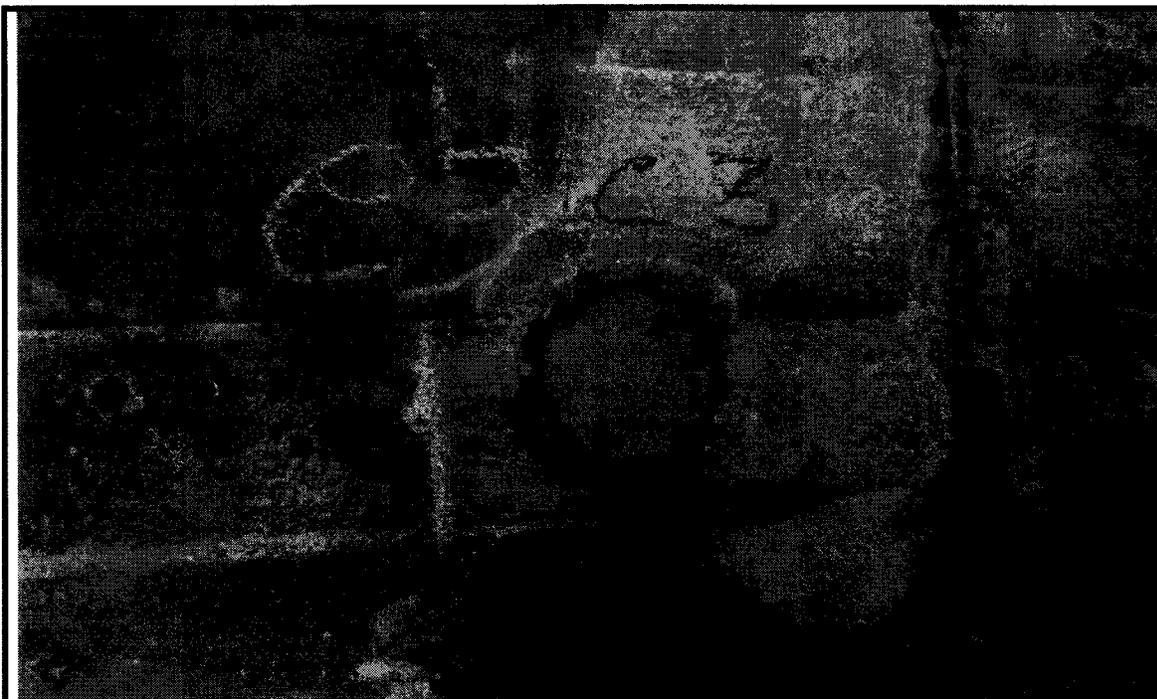
6. Immagini fotografiche



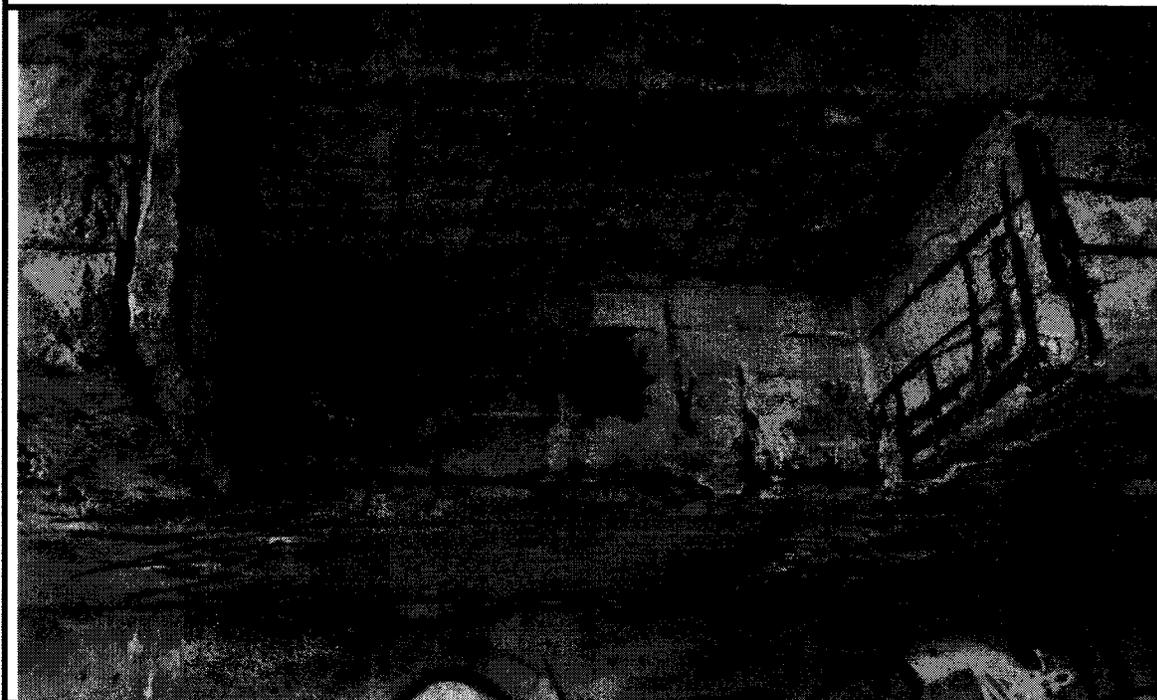
Barre prelevate



Carote C1 e C2



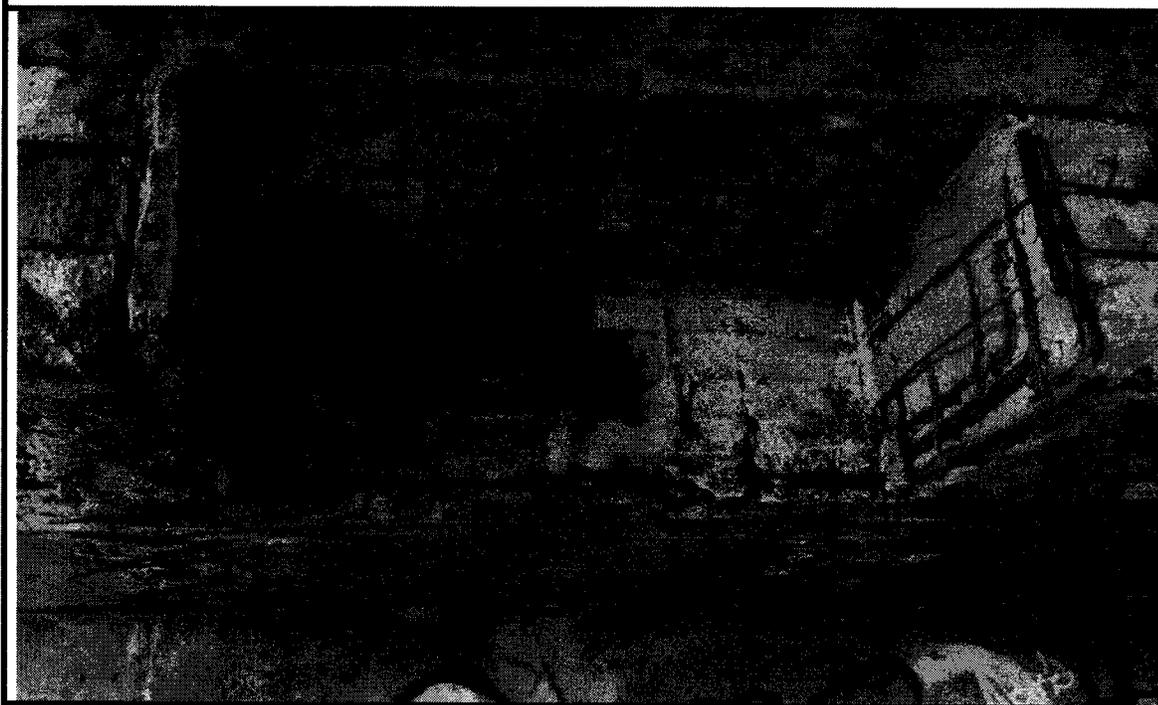
Carota C3



Esempio di ripristino con composto tissotropico



Carota C3



Esempio di ripristino con composto tissotropico



SonReb su spalla



SonReb su pila



Caratterizzazione campata A



Caratterizzazione campata B



Caratterizzazione campata C



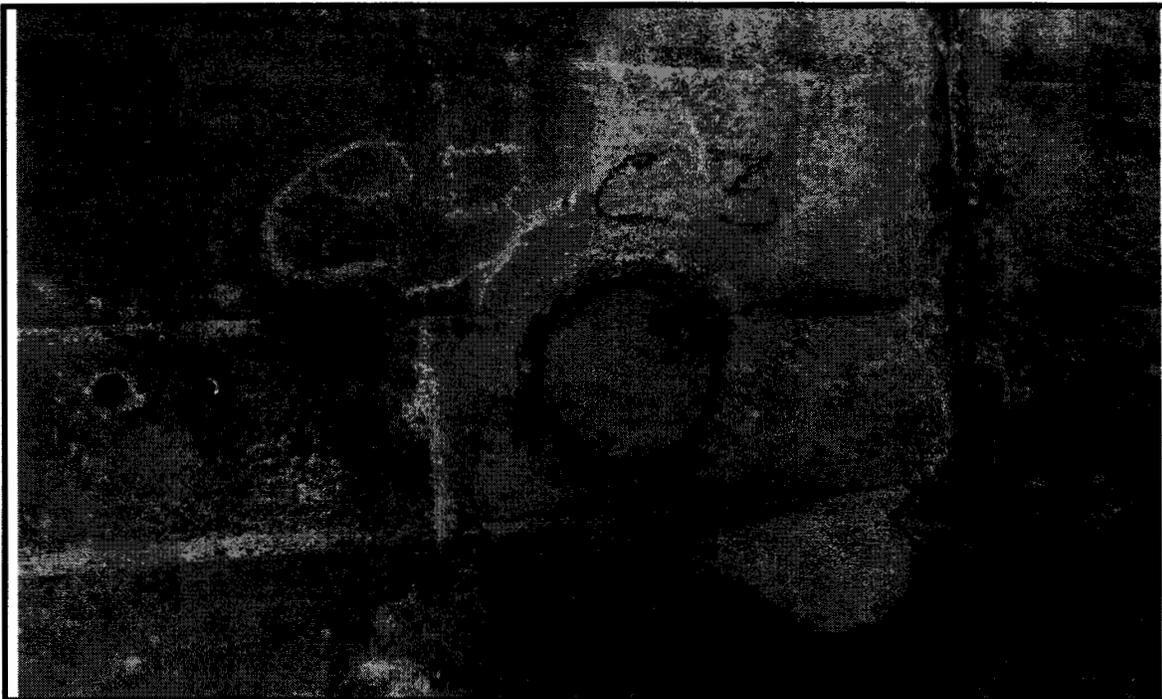
Caratterizzazione campata D



Caratterizzazione campata E



Vista d'insieme dal lato Milazzo



Carota C3



Esempio di ripristino con composto tissotropico

7. Descrizione delle apparecchiature di misura

7.1. Sclerometro

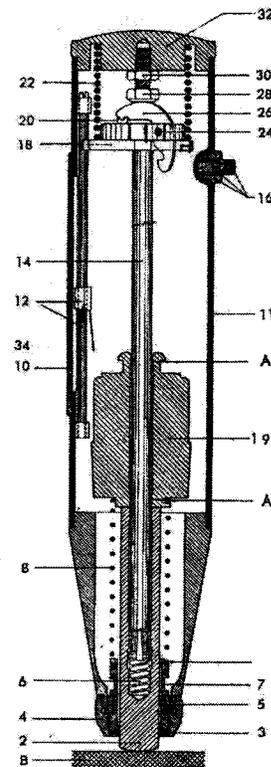
L'asta di percussione deve venire premuta contro la superficie del calcestruzzo da esaminare.

Poco prima che essa rientri quasi completamente viene prodotto il colpo dal martello che si sgancia.

Mantenendo l'apparecchio premuto contro la superficie in esame, si effettua la lettura del valore di rimbalzo per mezzo dell'indice su scala graduata.



- 2 Asta di percussione
- 3 Ranella feltro
- 4 Calotta anteriore
- 5 Anello di pressione
- 6 Molla ammortizzatrice
- 7 Cartuccia con fori
- 8 Molla di percussione
- 9 Martello
- 10 Scala graduata
- 11 Corpo completo
- 12 Indice con astina
- 14 Asta scorrimento del martello
- 16 Bottone d'arresto
- 18 Disco guida
- 20 Molla del gancio
- 22 Molla di pressione
- 24 Perno
- 26 Gancio
- 28 Vite
- 30 Controdado
- 32 Coperchio posteriore
- 34 Molla dell'indice
- A-A Superfici di contatto
- B Calcestruzzo



Lo sclerometro è tarato per agire in posizione orizzontale, cioè per esaminare superfici verticali.

Occorre effettuare una correzione della lettura per prove effettuate non in senso orizzontale, perché occorre tenere conto della componente di gravità agente sulla massa d'urto.

Per prove con sclerometro orizzontale la curva di riferimento è rappresentata dal valore $\alpha = 0^\circ$ mentre per prove con strumento verticale verso il basso (pavimento) la curva è rappresentata dal valore $\alpha = -90^\circ$ e verso l'alto (soffitto) dal valore $\alpha = +90^\circ$.

7.2. Ultrasuoni

Il Concrete Test CLS 101 DL è particolarmente indicato per il controllo del calcestruzzo indurito. Esso permette di determinare la resistenza meccanica del calcestruzzo in qualsiasi punto accessibile di una struttura in c.a. c.a.p..

Trattandosi di uno strumento ad ultrasuoni, nella misura è interessato tutto lo spessore del calcestruzzo indagato e non solo a livello corticale.

Esso è composto da:

- unità di emissione US a microprocessore;
- sonde piezoelettriche da 40 kHz.

Il Concrete Test CLS 101 DL progettato per il rilievo microsismico su strutture in calcestruzzo conforme alle norme UNI 9524 può essere utilizzato per determinare in sito:

- la resistenza meccanica del calcestruzzo;
- la profondità di fessure;
- l'uniformità di un getto;
- la degradazione superficiale e profonda in strutture sottoposte a cicli di gelo e disgelo, terremoti, incendio, stress a fatica, urti, aggressioni da agenti corrosivi;
- la presenza di entità di vuoti interni ad un manufatto;
- la maturazione del calcestruzzo nel tempo;
- determinazione del modulo di elasticità dinamico e statico.

Inoltre:

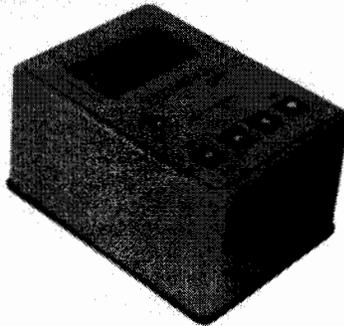
- è di supporto nella valutazione delle proprietà meccaniche ed elastiche del legno;
- è di supporto nel controllo dell'omogeneità ed assenza di difetti in blocchi di marmo provenienti dalle cave.

Vista dello strumento
in fase di lettura.



7.3. Tromino

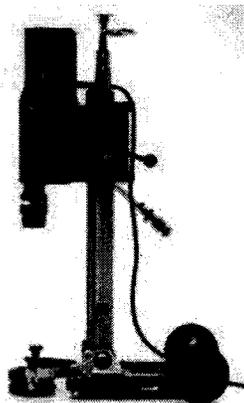
TROMINO – Sistema di acquisizione del rumore sismico



Numero di canali	3+1 analogici
Amplificatori	tutti canali con input differenziali
Rumore	< 0.5 μV r.m.s. @128 Hz sampling
Impedenza dell'input	10 ⁶ Ohm
Range di frequenze	DC - 360 Hz
Frequenza di campionamento	16384 Hz per canale
Frequenze di sovracampionamento	32x, 64x, 128x
Conversione A/D	equivalente a 24 bit
Massimo input analogico	51.2 mV (781 nV/digit)
Display grafico	grafico, 128 x 64 pixel,
Tastiera	4 tasti a membrana
Orologio	interno, permanente con datario e allarme,
GPS	12 channels with time-marker (precision 1 μs),
Livella	a bolla d'aria, elevata precisione orizzontale, sensibilità d'arco (0.083°)
Conessioni	porta USB, tipo B
Registrazione dati	memoria interna, standard 512 Mb,
Accoppiamento col terre	su punte e cuscinetto reologico
Condizioni operative	temperatura - 10 / +70 °C umidità 0-90%
Impermeabilità	indice di protezione IP = 65
Sensori	Terna di velocimetri ad alta risoluzione

7.4 Carotatrice "Hilti DD 160-E"

L'apparecchiatura è indicata per l'esecuzione di perforazioni profonde ed inclinate, per l'esecuzione di forature per impianti, per attraversamenti di cavi e tubazioni.



Alcune caratteristiche tecniche:

Voltaggio	230 V
1a Velocità	500 rpm
2a Velocità	1000 rpm
Velocità 3 a vuoto	2000 rpm
Gamma di fori per corona ad acqua su supporto	25 - 162 (202) mm
Lunghezza corona	202 mm
Taglio ad acqua o a secco	Ad acqua
Sistema recupero acqua	Si
Carotatrice a binario/supporto	Tassello
Diametro minimo delle corone	25 mm
Potenza nominale	2000 W
Gamma di potenza attrezzo	2000 W
Denominazione d'ordine	DD 160-E motore
Diametro punta - Velocità 3	25 - 52 mm
Diametro punta - Velocità 2	40 - 102 mm
Velocità sotto sforzo	500/1000/2000 rpm
Velocità di partenza disponibile	No
Contenuto della confezione	Gruppo motore senza compone
Peso motore carotatrice e colonna	20 kg
Diametro punta - Velocità 1	92 - 162 mm

CITTA' METROPOLITANA DI MESSINA

***Esecuzione di una prova di carico e verifica tecnica di sicurezza sismica,
sul ponte del torrente Mela lungo la S.P. 75/b per la verifica delle
condizioni di efficienza strutturale degli impalcati, nel comune di
Milazzo". Cod. Int.: 71/021 -CIG: Z101BF6BBB.***

RELAZIONE e VERIFICHE

Messina 25-07-2017

Ing. Manlio



Premesse

Il sottoscritto ing. Manlio Marino, con studio in Messina , a seguito di una manifestazione d'interesse promossa dalla Città Metropolitana di Messina, ha avuto affidato l'incarico per *"l'esecuzione di una prova di carico e verifica tecnica di sicurezza sismica, sul ponte del torrente Mela lungo la S.P. 75/b per la verifica delle condizioni di efficienza strutturale degli impalcati, nel comune di Milazzo"*.

Cod. Int.: 71/021 -CIG: Z101BF6BBB."

La Determina Dirigenziale a contrarre reca il n. 1180 del 22/11/2016. Il contratto è stato siglato in data 20-07-2017

Si tratta di un ponte a 5 campate su pile in alveo del torrente Mela, che collega il versante milazzese con quello



di Barcellona lungo la S.P. 75/bis, costituito da travi in precompresso della ditta SCAC- Milano e sistemi di appoggi su "selle" da pile gettati in opera. Nella relazione di calcolo fornita dall'Amministrazione si legge che delle 5 campate le prime 2 coppie di

estremità hanno interasse di ml. 23,00 ml e quella centrale di ml. 30,00. Lo sbalzo continuo di ogni appoggio ha una luce di ml. 2,60 dalla pila, di cui gli ultimi 90 cm



rappresentano l'aggetto costituito da una mensola. Per ogni appoggio vi sono 5 mensole ,poste ad interasse di ml. 2,10, mentre le travi in precompresso sono 6.

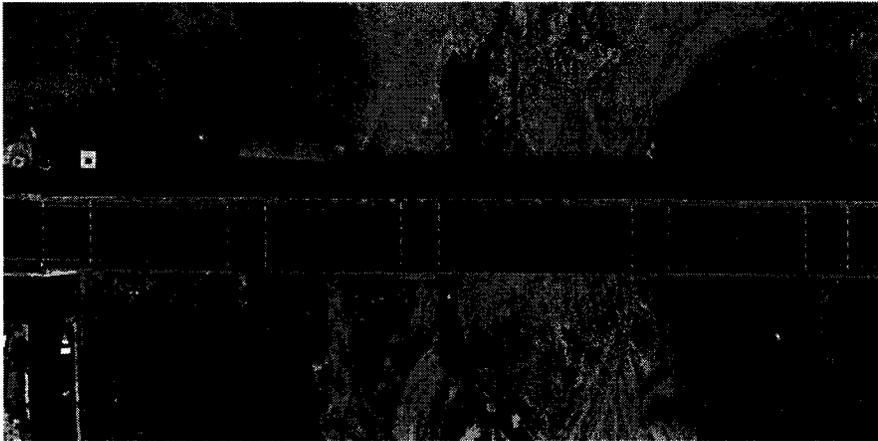
La larghezza complessiva dell'impalcato è stato progettato per la larghezza di ml. 10,00 (8,00+ 2,00ml di marciapiedi). In effetti piccole differenze si sono notate in fase di realizzazione.



Attività di ricerca

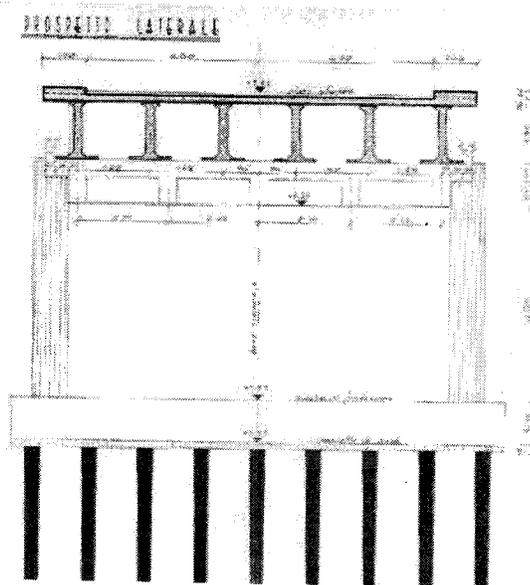
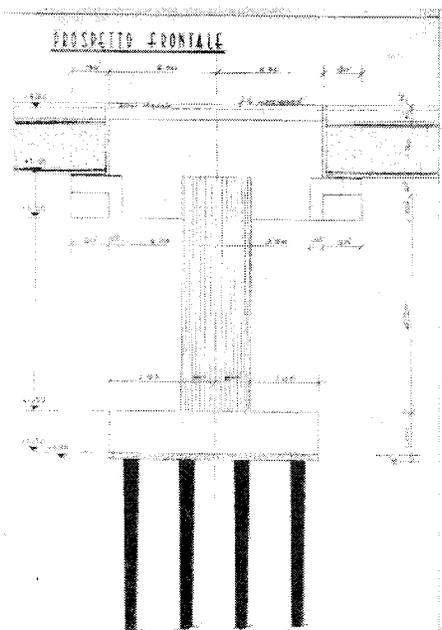
Le prime attività sono consistite nella ricerca dei grafici esistenti presso l'Ufficio del Genio Civile di Messina e presso l'ufficio dell'ex Provincia regionale.

Presso l'archivio dell'ex Provincia (oggi Città Metropolitana di Messina) risulta un progetto esecutivo di variante, redatto per conto dell'impresa esecutrice Marchetta Giuseppe, datato 20-05-1982.



Viadotto sul mela con indicazione approssimata dei giunti

Si riportano qui di seguito alcuni stralci di grafici estratti dalla perizia di variante del 1982



- 4 -

CALCOLO DELLA TRAVE SOTTOSEGGIOLA

A) Secondo le norme

Permanenti

$$\text{Reazione: } 2,10 \times \frac{135.440}{9,40} = 30.258$$

$$\text{Peso proprio: } 0,90 \times 0,40 \times 0,60 \times 2500 = 540$$

$$\text{Solcttone: } 900 \times 2,10 = 1.880$$

$$\text{Sommano Kg. } 32.688$$

Accidentali

$$\text{Reazione campata: } \frac{71.050}{9,40} \times 2,10 = 15.873$$

$$\text{Carico sulla seggiola: } 1.877 \times 2,10 = 3.942 \text{ Kgm.}$$

$$M = 3.942 \times 0,90 \times 0,45 = 1.597 \text{ Kgm.}$$

Momento massimo all'incastro della seggiola

$$(32.688 - 15.873) = 48.561 \times 0,90 = 43.705 \text{ kgm.}$$

$$\text{In totale: } 1.597 + 43.705 = 45.302 \text{ Kgm.}$$

$$T = 48.561 + 3.942 = 52.503 \text{ Kg.}$$

$$\tau = \frac{52.503}{0,9 \times 40 \times 97} = 15,04 \text{ Kg/cm}^2$$

B) Verifica sismica

<u>Permanente</u>	=	32.688	
1/3 carico accidentale $\frac{15.873}{3}$	=	<u>5.291</u>	
Somma		37.979	
Incremento 40%		<u>15.192</u>	
		53.171	48.561

Verificheremo per il sisma. Si avrà

$$M = 53.171 \times 0,90 = 47.854$$

$$\text{c.a. } 1/3 \ 1597 \times 1,40 = \underline{742}$$

$$\text{Sommano } 48.596 \text{ Kgm.}$$

$$T = 53.171 + \frac{1}{3} 3942 \times 1,40 = 53.171 + 1840 = 55.011$$

$$\tau = \frac{55.011}{0,9 \times 40 \times 97} = 15,75 \text{ Kg/cm}^2$$

VERIFICA AL TAGLIO

E' la sollecitazione più pericolosa. Trascurando il contributo delle staffe si ha per i ferri piegati:

$$p'Ap = \frac{T \sqrt{2}}{K_f} = \frac{55.011 \times 1,41}{2300} = 33,72 \text{ cm}^2$$

Adotteremo 6 \emptyset 26 = 31,80 cm². Saranno disposte inoltre staffe \emptyset 10 orizzontali e verticali ogni 10 cm.

VERIFICA ALLA FLESSIONE

$M = 4.859.600$ $b = 40$ $H = 100$ $h' = 3$ $m = 15$

$F = P' \times 6 \text{ g } 35 = 31,80 \text{ cm}^2 \cdot 31 \text{ hm}$

$x = 30,50 \text{ cm}$ $\sigma_b = 52,03 \text{ Kg/cm}^2$ $\sigma_f = 1,702 \text{ Kg/cm}^2$

4859600.	R
40.	E
100.	H
3.	H'
31.8	R
31.8	R'
22.49926003	M
2249445.163	F
52.03304564	2R
1701.811367	2R T

CALCOLO DELLA TRAVE SEGGIOLA (Sezione 30x250)

Carico trasmesso Kg. 55.011

Peso proprio: $2,10 \times 0,30 \times 2,50 \times 2500 = 3.938$

$58.949 = 59.000$

$M = \frac{59.000 \times 2,10}{2} = 10.325$

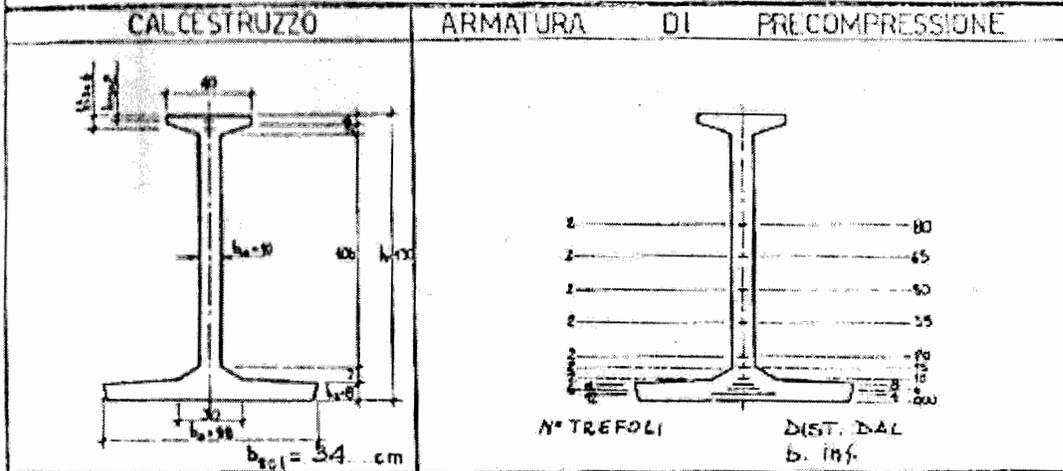
$T = \frac{1}{2} (55.011 + 3.938) = 29.475$

SCAC - MILANO

DATA: NOV. 1980

AS TIPO AL 130/100 SERIE R ; CODICI: 77 25810-5

N° 36 TREFOLI DA 3,8" A TRACCIATO RETTILINEO
 $A_{un} = 0,5161 \text{ cm}^2$; $A_a = 18,5796 \text{ cm}^2$; $f_{pk} = 1863 \text{ N/mm}^2$ (19000 kg/cm²)
 $\sigma_{sp} = 13,24 \text{ N/mm}^2$ (13500 kg/cm²); $\sigma_{sd} = 13,10 \text{ N/mm}^2$ (13359 kg/cm²)
 $P = 2434060 \text{ N}$ (248205 kg)



	MEZZERIA	APPOGGIO
$g = 5,776 \text{ N/m}$ (589 kg/m)	$A_a = 18,5796 \text{ cm}^2$	$A_a^* = \text{IDEM COME } \text{cm}^2$
$A_c = 2397 \text{ cm}^2$	$S_a = 343,7226 \text{ cm}^3$	$S_a^* = \text{IN } \text{cm}^3$
$S_c = 113,557,67 \text{ cm}^3$	$I_a = 15,203,1064 \text{ cm}^4$	$I_a^* = \text{MEZZERIA } \text{cm}^4$
$I_c = 10,479,542 \text{ cm}^4$		

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E STATICHE DELLA TRAVE

MEZZERIA	APPOGGIO
$A_{id} = 2,449,8980 \text{ cm}^2$	$A_{id}^* = \text{cm}^2$
$S_{id} = 115,276,2830 \text{ cm}^3$	$S_{id}^* = \text{cm}^3$
$I_{id} = 10,559,058 \text{ cm}^4$	$I_{id}^* = \text{cm}^4$
$I_i = 5,134,905 \text{ cm}^4$	$I_i^* = \text{cm}^4$
$x_{ii} = 47,0535 \text{ cm}$	$x_{ii}^* = \text{COME } \text{cm}$
$x_{is} = 82,9465 \text{ cm}$	$x_{is}^* = \text{IN } \text{cm}$
$x_a = 18,5000 \text{ cm}$	$x_a^* = \text{IN } \text{cm}$
$e = 28,5535 \text{ cm}$	$e^* = \text{IDEM } \text{MEZZERIA } \text{cm}$
$W_{ii} = 1,09129 \text{ cm}^3$	$W_{ii}^* = \text{cm}^3$
$W_{is} = 61,206 \text{ cm}^3$	$W_{is}^* = \text{cm}^3$
$S_0 = 49,914 \text{ cm}^3$	$S_0^* = \text{cm}^3$

PRECOMPRESSIONI INIZIALI A VUOTO	
$\sigma'_{is} = -1,29 \text{ N/mm}^2$ (-13,1692 kg/cm ²)	$\sigma'_{is} = \text{N/mm}^2$ (..... kg/cm ²)
$\sigma'_{ii} = 16,30 \text{ N/mm}^2$ (166,2549 kg/cm ²)	$\sigma'_{ii} = \text{N/mm}^2$ (..... kg/cm ²)
$\sigma'_{ie} = 13,80 \text{ N/mm}^2$ (140,7214 kg/cm ²)	$\sigma'_{ie} = \text{N/mm}^2$ (..... kg/cm ²)

PRECOMPRESSIONI FINALI A VUOTO	
$\sigma'_{is} = -1,02 \text{ N/mm}^2$ (-10,8398 kg/cm ²)	$\sigma'_{is} = \text{N/mm}^2$ (..... kg/cm ²)

In effetti dai rilievi effettuati si rilevano differenze sulla larghezza globale dell'impalcato, in realtà inferiore a quella di progetto.

Dall'esame dei grafici depositati al Genio Civile, a meno di ulteriori varianti smarritesi, il progetto ha avuto il benestare ai sensi dell'art.17 della L. 2-02-1974 n°64 rilasciato con prot. 3348 del 23-04-1981. Quindi antecedente alla variante. Giova osservare che all'epoca dell'appalto l'Ente curava il rilascio ai sensi dell'art. 17 della 2-2-1974 n. 64, e successivamente era onere dell'impresa realizzare il progetto esecutivo ed il successivo rilascio dell'art. 18.

Del progetto originario sono state apportate numerose modifiche, le più importanti delle quali è stata quella della realizzazione delle travi in precompresso della SCAC, al posto dell'ipotizzato e originario impalcato interamente gettato in opera, del numero delle campate e delle luci.

Sopralluoghi

Dopo una serie di incontri preliminari, finalizzati ad iniziare subito le operazioni previste nell'incarico, e comunque molto prima della firma del contratto, si sono svolti diversi sopralluoghi, per organizzare quanto era previsto nell'incarico e poi unitamente al RUP arch. Orsi ed il D.L. ing. Chiofalo.

Durante i sopralluoghi l'evidenza delle condizioni di degrado del calcestruzzo e delle barre d'armatura delle strutture costituenti l'appoggio degli impalcati, ha messo in evidenza che :

- la maggior parte delle barre d'armatura risultano molto ossidate



e/o rotte per effetto della tensione indotta ,

- le staffe , completamente scoperte erano ridotte di diametro per effetto dell'ossidazione e anch'esse tranciate .
- il calcestruzzo si manifesta nella parte prossima all'estremità delle mensole , molto disgregato e frantumato.



- una serie di mensole appariva a vista fortemente deformata

Le foto allegate alla presente , mettono in luce le criticità emerse.



Alla luce delle superiori evidenze il sottoscritto non riteneva utile procedere con l'avvio delle operazioni di collaudo, in

quanto le caratteristiche dei materiali rilevati a vista non garantivano l'applicazione dei carichi delle prove di carico da collaudo.

Suggeriva pertanto che si venissero programmate una serie di esami ed indagini propedeutici per lo svolgimento in sicurezza dell'incarico, ovvero della prova di carico.

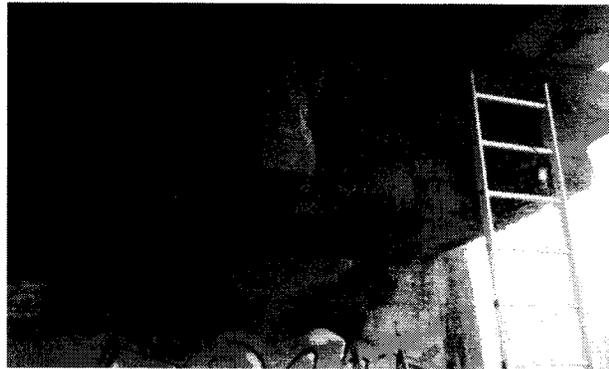


Indagini propedeutiche

Dallo scrivente sono state pertanto commissionate alla soc. Metralab srl di Padova le seguenti indagini:

- **n°5 prove SonReb** per la resistenza a compressione del cls;
- **n°3 prove di carbonatazione** su provini cilindrici in c.a.;
- **n°3 prelievi di campione cilindrico in c.a.** e prove a compressione;
- **n°3 prelievi di barra d'armatura in acciaio** e prove a trazione;
- **n°5 caratterizzazione dinamica** degli impalcati mediante Tromino®.

Occorre premettere , per l'importanza che rivestirà nel prosieguo della relazione tale aspetto, che le 3 carote sono state prelevate in punti in cui era possibile estrarre una carota integra, ben lontana dalle sezioni che saranno poi oggetto di verifica, sia per non disturbare le già precarie condizioni del cls disgregato, sia per non abbassare ulteriormente il ridotto grado di sicurezza in una zona staticamente delicata.



Posizione carota C1 e C2



Posizione carota C3

Le risultanze delle prove eseguite sono descritte più in dettaglio nella relazione specialistica allegata, ma suggeriscono alcuni spunti di riflessione.

- I risultati delle prove a compressione sulle carote, nelle zone dove sono state estratte, rilevano al netto delle zone di carbonatazione non inferiore a 3,5 cm, valori di resistenza cilindrica del conglomerato non bassi (mediamente di circa 40 N/mm²)
- Le analisi *Sonreb*, sono da ritenersi non correlabili con il risultato delle prove a compressione sulle carote in laboratorio, (ma questo solo in apparenza deve considerarsi un'informazione inutile). Infatti la grande variabilità dei risultati degli ultrasuoni confermano che i primi 5-10 cm sono estremamente degradati, mentre le carote confermano che la parte subcorticale del cls (il nucleo portato a schiacciamento) è in buono stato di conservazione.
- Gli ultrasuoni ci parlano della resistenza a compressione e quindi indirettamente del Modulo di Elasticità mentre per la reale sezione resistente -quindi ai fini della valutazione delle verifiche di sicurezza- , possiamo (anzi dobbiamo) prendere in considerazione solo la parte non degradata (5-10 cm per parte) oltre alle barre d'armature interne non ossidate.
- Relativamente agli impalcati, che visivamente sembrano in discreto stato di conservazione, sarà possibile correlare i valori delle frequenze sperimentali una volta note esattamente le caratteristiche geometriche e strutturali.
- Per le barre d'armatura sono stati ottenuti valori fortemente variabili sulla stessa tipologia di diametro ($\phi 24$) utilizzata per le armature principali, e molto diverse per le staffe $\phi 6/8$;
- se poi le stesse armature si rapportano a quelle indicate in progetto (variante del 1982) i diametri rinvenuti sono inferiori rispetto a quelli progettati.
- La presenza di percolamento d'acqua ai bordi della mensola della pila, denota che i vuoti presenti (ed all'epoca riempiti di sabbia) sono imbibiti d'acqua, e quindi non si ha certezza dello stato di ossidazione delle barre d'armatura sui bordi interni dei cassoni. E' probabile che anche le parti interne siano fortemente degradate e le armature ossidate.

Scostamenti rilevati tra progetto ed esecuzione

Dalla relazione di calcolo per le mensole sottoseggiola (40x100) si riscontrano i seguenti dati:

- Armature utilizzate per le mensole (ferri piegati e staffoni) ϕ 26
- Staffe ϕ 10/ 20 orizz e vert.
- Le tensioni caratteristiche dei materiali sono state ipotizzate R_c 30, 0 per i cls e 240,0 N/mm² per gli acciai, con σ_{amm} 7,5 N/mm² per le sezioni in c.a. e 240,0 N/mm² per gli acciai.

I prelievi delle barre d'armatura sono stati comparati con quelli previsti nella relazione del progetto esecutivo e nelle tavole ad esse allegate. In particolare:

Dalle mensole aggettanti dalle pile 1 e 4 delle dimensioni 40 x 100 sono stati prelevati barre ad aderenza migliorata del ϕ 24 che hanno dato valori :

Per gli staffoni e barre piegate:

ϕ 24	Camp.1	Camp. 2	Camp. 3	
Tensione snervamento =	396,82	365,80	385,94	N/mm ²
Tensione rottura	627,84	597,22	636,84	" "

Per le staffe

	Camp.1 (ϕ 6)	Camp. 2 (ϕ 6)	Camp. 3 (ϕ 8)	
Tensione snervamento =	184,48	189,84	375,93	N/mm ²
Tensione rottura	203,78	222,03	567,20	" "

Dal che risulta, rileggendo le norme dell'epoca, che le barre utilizzate erano FeB 38 k e , nell'ipotesi che fossero acciai controllati in stabilimento, potevano lavorare ad un tasso di 220,00N/mm² (190,00 se non controllati).

Non avendo potuto controllare il certificato di collaudo statico , nè la relazione a struttura ultimata si ipotizza nella ipotesi più cautelativa e soprattutto dal riscontro delle prove un tasso di lavoro di σ_f **190,00** N/mm² , essendosi mediamente rilevato uno snervamento di circa **380,00 N/mm²**,

IN CONCLUSIONE

Comparando le scelte operate in sede di progetto e quelle in fase di realizzazione risulta che:

- Sono stati utilizzate barre d'armatura principale (staffoni e barre piegate) ϕ 24 invece di ϕ 26
- Sono state collocate staffe di parete ϕ 8/20 invece di ϕ 10/10 .

Quindi con gravi difformità al progetto approvato, già in fase di realizzazione .

VERIFICHE

Alla luce di quanto sopra si sviluppano qui di seguito verifiche a flessione e taglio , utilizzando i parametri riscontrati in opera, applicando le stesse azioni previste dal progettista e valide per le normative dell'epoca.

Inoltre per la mensola sotto seggiola, in considerazione del forte degrado strutturale e della disintegrazione di un discreto spessore di conglomerato, si è ipotizzata una sezione ridotta (riferita al nucleo di clz che si ipotizza ancora integro) delle dimensioni di cm. 30 x 87 (invece di 40x100), e non tenendo in conto gli staffoni principali di bordo ϕ 24 (anzicchè ϕ 26) e tutte le staffe verticali di parete (in quanto rotte/tranciate) .

I tassi di lavoro applicati sono quelli derivati dalle prove di laboratorio..

Pertanto procedendo con la verifica alle tensioni ammissibili, si ha:

- Dalla relazione di calcolo pile 1-4 (variante 1982)- da pag.4 a pag 6
-
- Il momento massimo di verifica
- $M = 4.302.000 \text{ kgcm}$ (in condizioni di esercizio)
- $M = 4.859.600 \text{ kgcm}$ (in condizioni sismiche)
- Dimensioni della sezione rilevata:
- $b = 30 \text{ cm}$ (invece di 40) $H = 87 \text{ cm}$
- Armatura $4 \phi 24$ staffoni (invece di $6 \phi 26$)

Verifica alle T.A. per momento massimo in condizioni di esercizio

Titolo:

N° strati barre: Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	A _s [cm²]	d [cm]
1	30	87	1	18,10	3
			2	18,10	87

Tipologia Sezione:
 Rettang. re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{Ed} kNm
 M_{Ed}

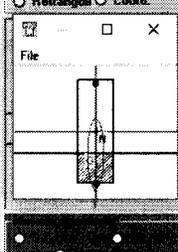
Materiali:
 FeB38k C25/30

E_{su} N/mm² σ_{c2} N/mm²
 f_{yd} N/mm² E_{cu} N/mm²
 E_s N/mm² f_{cd} N/mm²
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd}

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso



Verifica alle T.A. per momento massimo in condizioni sismiche

Titolo :

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	A _s [cm ²]	d [cm]
1	30	87	1	18,10	3
			2	18,10	87

Sollecitazione: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{Ed} -486 kNm
M_{yEd}

Materiali: FeB38k C25/30

E_{cu} N/mm² E_{c2} N/mm²
f_{yd} N/mm² E_{cu} N/mm²
E_s N/mm² f_{cd} N/mm²
E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
ε_{syd} % σ_{c,adm} N/mm²
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co}
τ_{c1}

σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_s %
d cm
x x/d
δ

Verifica: N° iterazioni

Precompresso

In entrambe le verifiche sia il conglomerato che l'acciaio superano abbondantemente i tassi di lavoro previsti

-Taglio = 52.503 Kg (in condizioni di esercizio)

Verifica a taglio in corrispondenza dell'attacco della mensola:

$$\tau = T/0,9 \cdot b' \cdot xH' = 52503/0,9 \cdot 30 \cdot 87 = 22,35 \text{ Kg/cm}^2$$

-Taglio = 55. 011 Kg (in condizioni sismiche)

Verifica a taglio in corrispondenza dell'attacco della mensola:

$$\tau = T/0,9 \cdot b' \cdot xH' = 55011/0,9 \cdot 30 \cdot 87 = 23,42 \text{ Kg/cm}^2$$

Verifica al Taglio per mensola tozza (pag.5)

Il progettista aveva trascurato il contributo delle staffe (ed in effetti aveva fatto bene perché ora non ci sono più)

Affidando tutto il taglio alle barre piegate , nelle condizioni attuali, si ha:

$$p'_{Ap} = T \cdot v^2 / \sigma_f = 55.011 \cdot 1.41 / 1900 = 40.82 \text{ cmq}$$

Il progettista aveva adottato 6 ϕ 26 con assorbimento di 31,80 cmq, e quindi si sentiva garantito, mentre invece potendo fare affidamento solo su 4 ϕ 24 (con assorbimento di 18,10 cmq), si è scoperti in atto per oltre 22.72 cmq, **ovvero più del 56%**.

Le verifiche condotte mettono in luce che le mensole sotto seggiola, quelle su cui realmente si poggiano le travi in precompresso dell'impalcato, hanno superato abbondantemente i tassi di lavoro previsti, (andando forse già in fase plastica), sia in condizioni di esercizio, sia in condizioni di incremento sismico. A ciò si aggiunga il fatto che lo stato di degrado del conglomerato e delle barre d'armatura, unitamente alle difformità di esecuzioni rispetto al progetto originario, inducono a ipotizzare che il processo di ossidazione/disgregamento/carbonatazione si accresca in misura non lineare con il passare del tempo.

Le verifiche di sicurezza sismica dell'intero viadotto, ad avviso di chi scrive, non hanno senso, nella fase attuale, in quanto già la condizione statica dei supporti dell'impalcato pregiudicano la funzionalità dell'asse viario. Potranno essere eseguite una volta ripristinate le condizioni minime di sicurezza statica.

CONCLUSIONI E SUGGERIMENTI

- A) In considerazione del forte degrado strutturale dei risultati delle prove di laboratorio si esclude di poter fare eseguire una prova di carico secondo l'attuale normativa.
- B) Si suggerisce di far ridurre il transito, parzializzando la carreggiata, impedendo il transito ai veicoli di massa a pieno carico superiore alle 6 tonnellate.
- C) Si suggerisce di monitorare lo stato deformativo delle mensole sotto seggiola, in quanto alcune di esse appaiono già deformate.
- D) Si metta atto ad un progetto di consolidamento e di adeguamento statico delle selle d'appoggio e delle mensole, al fine di poter recuperare la funzionalità dell'impalcato.
- E) Una volta consolidate le selle d'appoggio, unitamente al confronto della risposta in frequenza delle travi in precompresso costituenti l'impalcato, si potrà eseguire la verifica sismica e la prova di carico, secondo le stese di carico previste dalla normativa

Messina 25-07-2017



Durc On Line

Numero Protocollo	INAIL_9231551	Data richiesta	23/10/2017	Scadenza validità	20/02/2018
-------------------	---------------	----------------	------------	-------------------	------------

Denominazione/ragione sociale	MARINO MANLIO
Codice fiscale	MRNMNL52C30F158V
Sede legale	VIA PLACIDA, 6 98121 MESSINA (ME)

Con il presente Documento si dichiara che il soggetto sopra identificato **RISULTA REGOLARE** nei confronti di

I.N.P.S.
I.N.A.I.L.

Il Documento ha validità di 120 giorni dalla data della richiesta e si riferisce alla risultanza, alla stessa data, dell'interrogazione degli archivi dell'INPS, dell'INAIL e della CNCE per le imprese che svolgono attività dell'edilizia.