

**COMMISSARIO DELEGATO**

EMERGENZA SISMA REGIONE EMILIA-ROMAGNA AI SENSI DELL'ART.1 COMMA 2 DEL D.L. N. 74/2012

STRUTTURA TECNICA COMMISSARIO DELEGATO

**REGIONE EMILIA-ROMAGNA**  
**REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI RIPRISTINO E**  
**MIGLIORAMENTO SISMICO DELL'ARCHIVIO STORICO**  
**DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA IN VIA MARCONI**  
**N.3-5-7 A SAN GIORGIO DI PIANO (BO)**

**PROGETTO PRELIMINARE**



COMMITTENTE

SERVIZIO PATRIMONIO RER

Responsabile: Ing. Giuseppe Simoni

Collaboratori: Ing. Andrea Samoggia  
Geom. Sandra Sangiorgi

R.U.P.

Ing. Mauro Monti

PROGETTISTA

Arch. Alfiero Moretti

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. Dario Benedetto  
Ing. Rudy Bertaccini  
Ing. Andrea Bucchi  
Ing. Davide Parisi  
Ing. Silvia Valenti

ELABORATO:

**INDAGINI PER VERIFICHE SISMICHE DEI CAPANNONI**

Bologna, NOVEMBRE 2015

SCALA:

TAV.

**3**

**TECNO FUTUR SERVICE S.R.L.**  
Via per Modena, 20 – Tel. 059/909850 – fax 059/909038  
41030 BOMPORTO (MO)  
**ATTESTAZIONE S.O.A.: S- 20 –S 21 – CAT I^**  
**C.C.I.A.A. Modena n° 245494 – Partita IVA 018242270365**  
E-MAIL: [info@tecnofuturservice.com](mailto:info@tecnofuturservice.com)  
HTTP: [www.tecnofuturservice.com](http://www.tecnofuturservice.com)



**SPETT.LE**  
**REGIONE EMILIA ROMAGNA**  
**SERVIZIO PATRIMONIO E**  
**PROVVEDITORATO**  
**C.A. DOTT. ING. SAMOGGIA**  
**VIA ALDO MORO N° 38**  
**40127 BOLOGNA**

DATA: 24/10/2003

**\* RELAZIONE TECNICA N.410/03 -PND \***

**\* Sezioni prove non distruttive \***

**PROVE DIAGNOSTICHE**  
**SUI DEPOSITI**  
**“SCHELLENBERG & BRENNEKE”**  
**ARCHIVIO REGIONALE DI**  
**SAN GIORGIO IN PIANO (BO)**

SAN GIORGIO IN PIANO (BOLOGNA), SETTEMBRE 2003

## **PREMESSA**

Su incarico della Regione Emilia Romagna (Servizio Patrimonio e Provveditorato), la scrivente Tecno Futur Service S.r.l. ha eseguito una serie di indagini diagnostiche non distruttive presso l'Archivio Regionale di San Giorgio in Piano nei depositi "Schellenberg & Brennek" suddivise in:

1. n° 3 verifiche tecniche sulle strutture in cls (due travi ed un pilastro del capannone 5) con prove non distruttive;
2. n° 3 saggi esplorativi con lo scopo di verificare la presenza di cordolature perimetrali in CLS;
3. n° 4 scavi fondazionali pre verificare la morfologia costruttiva delle fondazioni;
4. n° 4 prelievi di campioni di mattone per la misura Rc in laboratorio;
5. analisi e verifica statica eseguita da Ingegnere Professionista.

I lavori in cantiere sono stati ultimati, con la D.L. dell'Ing. Samoggia (Regione) e dell'Ing. Rizzati Claudio (Professionista) nostro esperto per le verifiche statiche, nel mese di Settembre 2003.

**1. PROVE E VERIFICHE  
TECNICHE SU TELAIO IN CLS**



## **1. CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SULLE STRUTTURE IN C.A.**

La D.L. ha programmato tre campionature di controllo delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo distribuite sul telaio principale presente nel capannone.

Le prove PND.1 ÷ PND.3 sono ubicate nella tavola allegata.

Su un pilastro e due sezioni di travi sono state eseguite le seguenti prove ed indagini:

- Rilievo magnetometrico delle superfici analizzate estese per almeno 1,50 metri in sviluppo lineare per rilevare la geometria e le dimensioni dei ferri di armatura.
- Prove non distruttive secondo il metodo Son – Reb (sclerometro- ultrasuoni) per la misura della Rck;
- Prove con Pull – Out (Rck);
- Misura della profondità di carbonatazione (degrado chimico superficiale).

### **Analisi visiva dell'elemento in esame**

Valutazione del degrado superficiale, eventuali difetti di getto, porosità, rilevazione della presenza di lesioni e/o microfessurazioni.

### **Analisi pachometrica**

La tecnica della magnetometria ha la finalità di determinare la presenza di elementi metallici celati all'interno delle murature, senza apportare alcun danno all'integrità della struttura muraria da indagare.

Per la conduzione della prova viene utilizzato il pachometro, apparecchiatura portatile alimentata da una batteria a basso voltaggio; una volta definita la zona da indagare, viene posizionato lo strumento a contatto con la struttura e rilevata sia la distribuzione geometrica delle armature, sia la loro profondità (copriferro), segnalata dall'indice dello strumento tarato in millimetri. Le prove sono state integrate per taratura con la realizzazione, ove richiesto dalla D.L., di saggio visivo localizzato di ridotte dimensioni.

- **Strumentazione utilizzata:** Magnetometro CoverMaster CM9

### **Analisi sclerometrica (Uni 9189)**

La finalità di questo tipo di indagine consiste nella valutazione della resistenza a compressione del materiale indagato. Previa pulizia e levigatura delle superfici, viene eseguita una serie di battute, leggendo direttamente il valore del rimbalzo dell'asta retrattile, di scala nota, sull'apposita scala graduata dello strumento; tramite questo valore, opportunamente depurato dalle dispersioni, si risale alla resistenza massima a rottura per compressione. E' necessario eseguire almeno dodici battute utili, scartando quelle aventi dispersione superiore allo scarto quadratico medio. La resistenza meccanica del getto è un parametro direttamente proporzionale all'indice di rimbalzo, ed è calcolato secondo il metodo Sonreb, metodo combinato di misura della resistenza con l'indice sclerometrico e la velocità di propagazione delle onde elastiche.

- *Strumentazione utilizzata:* Sclerometro di SCHMIDT

### **Analisi ultrasonica (Uni 9524)**

Misura di attraversamento di onde ultrasoniche, generate tra sonde a 54 kHz, entro la struttura in cls; dall'elaborazione della velocità media  $V_m$  e dal grado di attenuazione del segnale è possibile ottenere indicazioni sul valore del modulo elastico del materiale in base alle equazioni della propagazione nel continuo elastico e, in combinazione con i valori dell'indice sclerometrico, definire il valore caratteristico di resistenza  $R_{ck}$ .

- *Strumentazione utilizzata:* Strumento ultrasuoni "Pundit"

### **Metodo pull-out**

E' una misura indiretta della resistenza caratteristica  $R_{ck}$  del cls tramite estrazione di un Tassello Fischer MK 10 – speciale introdotto nel getto, bloccato nello stesso, ed estratto con uno speciale e tarato martinetto idraulico dotato di manometro, che consente di misurare la Forza di estrazione; da questa, tramite curve di calibrazione, si risale alla resistenza  $R_{ck}$  del getto.

- *Strumentazione utilizzata:* Sistema per pull-out "Fischer" con tasselli Fischer MK10.

### **Misura profondità di carbonatazione**

E' una prova colorimetrica del calcestruzzo la quale si basa sul viraggio di un composto chimico (fenolftaleina) che viene spruzzato sul getto appena messo a nudo; nel caso di materiale carbonatato, il CLS non subisce variazioni di colore (superficie acida); in caso contrario (superficie basica) esso assume una tonalità violacea.

### **Certificazione dei risultati**

Nelle schede diagnostiche PND.1 ÷ PND.3 allegate alla relazione sono riportati i risultati delle prove non distruttive.

In ogni scheda di certificazione è in particolare riportato:

- Lo schizzo dell'elemento strutturale esaminato;
- Il valore della profondità di carbonatazione;
- I valori delle velocità ultrasoniche medie;
- Il valore dell'indice sclerometrico medio;
- Le caratteristiche delle armature e la loro quantità;
- Il modulo di elasticità del cls;
- Il valore di resistenza media determinabile con il metodo "pull-out";
- Il valore di resistenza media determinabile con gli ultrasuoni e l'indice sclerometrico (SONREB);
- Il valore di resistenza combinata "Sonreb / pull-out";
- Foto reale dello stesso.

## **RISULTATI**

I risultati delle indagini sono riportati nella tabella allegata.

<b><u>PIAZZOLA</u></b>	<b>Rck – Metodo Combinato (Kg/cmq)</b>
<b>1</b>	214
<b>2</b>	200
<b>3</b>	190

### **Calcestruzzo**

I getti di calcestruzzo analizzati in situ con prove sperimentali appartengono alla classe Rck di 200 Kg/cmq.

### **Armatatura metallica**

Le armature metalliche sono di diversa forma e geometria eseguite con ferri lisci con presenza sporadica di ossidazione.

## 2. SAGGI ESPLORATIVI

## **2. SAGGI ESPLORATIVI**

Su indicazione del calculatore nostro Professionista, sono stati ultimati tre saggi esplorativi ubicati nella Tav.1:

- Saggio S.1: ricerca cordolo all'interno;
- Saggio S.2: ricerca cordolo all'interno;
- Saggio S.3: ricerca cordolo all'interno.

I tre saggi hanno consentito di realizzare le tre schede S.1 ÷ S.3 che identificano i materiali rilevati e certificano la presenza sulle murature perimetrali di un getto in cls non assimilabile a cordolo in quanto sprovvisto di armature.

## 3. SCAVI FONDAZIONALI

### **3. SCAVI FONDAZIONALI**

Su indicazioni della D.L. abbiamo eseguito quattro scavi fondazionali , realizzati con scavatore munito di idonea benna e ubicati nella TAV. 1 , per verificare la geometria e lo stato conservativo delle fondazioni (SF.1 ÷ SF.4); il rilievo delle fondazioni è riportato nelle schede diagnostiche allegate comprensivo di fotografia della zona indagata.

SF.1: la fondazione della muratura esterna , composta in mattoni, ha una profondità di 85 cm. appoggiata su un letto di 20 cm. di ghiaione di fondazione, leggera risega di 8cm.;

SF.2: la fondazione del pilastro in calcestruzzo “plinto “ ha una profondità di 150 cm e larghezza di 3.50 m.;

SF.3: la fondazione, composta da mattoni, raggiunge una profondità di 40 cm. appoggiata su un letto di ghiaione di fondazione di circa 45 cm.;

SF.4: la fondazione con risega di 10 cm. è composta da mattoni, ha una profondità di 60 cm. e insiste su un letto di ghiaione di fondazione di circa 60 cm.

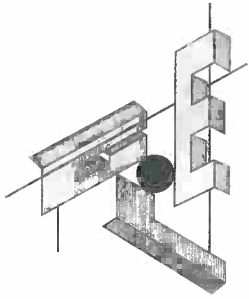


## 4. PRELIEVO CAMPIONI E PROVE DI LABORATORIO

#### **4. ANALISI DI LABORATORIO SUI CAMPIONI**

Durante le attività diagnostiche sono stati prelevati quattro campioni di mattone, in zone asciutte ed in zone umide per le necessarie verifiche meccaniche di laboratorio.

L'ubicazione dei punti di prelievo è visualizzata nella Tav. 1, mentre i risultati analitici sono riportati nel certificato allegato n° 2128/16 del 18/09/2003.



PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE E TERRE  
AUTORIZZATO MIN. LL. PP. CON D.M. n° 23457

LABORATORIO  
E SEDE AMMINISTRATIVA  
41100 MODENA  
VIA DEI CARPENTIERI, 44  
TEL. 059.285529 - 287245 - FAX 059.285521  
E-mail: ltemo@tin.it

# LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO s.r.l.

CERTIFICATO N. 2128/16 MODENA, 18/9/2003

COMMITTENTE : TECNO FUTUR SERVICE srl  
INDIRIZZO : Via Argini 2216 41017 Ravarino (Mo)  
PROVENIENZA DEL CAMPIONE : Archivio Reg. S.Giorgio In Piano - Bologna  
NATURA DEL CAMPIONE: mattone  
TIPO DI PROVA: compressione  
DATA DELLA PROVA : 16/9/2003  
DATA DI CONSEGNA: 5/9/2003 NS.RIF.TO: 667/2003

## RISULTATO DELLE ANALISI

Campione n°	Dimensioni della faccia caricata cm.	Altezza cm.	Rottura resistenza unitaria MPa
1	16,80 x 12,88	5,63	45,5
2	22,63 x 13,45	5,40	53,3
3	28,05 x 13,50	5,74	49,7
4	13,16 x 12,66	5,75	50,1



(Dott. Ing. F. Zatti)

(Dott. Ing. P.L. Sassi)



# 5. RELAZIONE DI VERIFICA STATICA

## RELAZIONE STATICA

### ARCHIVIO REGIONALE DI S. GIORGIO DI PIANO BOLOGNA

#### “DEPOSITO SCHELLENBERG”

#### PREMESSA

In seguito alle indagini conoscitive sulle strutture in cemento armato portanti il coperto del fabbricato in epigrafe, effettuate a partire dal giorno 04 Settembre 2003 dalla Ditta Tecno Futur Service, il sottoscritto ingegnere Claudio Rizzati in qualità di tecnico incaricato di valutare le risultanze e verificarne la corrispondenza alla normativa vigente per la sicurezza in materia di carichi e sovraccarichi nelle costruzioni riscontra quanto segue.

#### 1. DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

##### **Copertura a volta in laterocemento (S01-S02-S03)**

-Orditura principale con travetti in c.l.s. interposti ad elementi di alleggerimento in laterizio h=15cm. luce 20.00 ml. Tiranti a barre doppie di acciaio ogni 2,0ml. a contrasto della componente orizzontale della spinta.

-**Travata in c.c.a** a tre campate di uguale luce, in opera su pilastri intermedi ed estremità sulla muratura (PND2-PND3) Sezione utile h=63-b=44.

Luce di calcolo 6.65 ml. ogni campata.

-**Pilastri in c.c.a.** in opera (PND1) h.=6.20ml. sezione cm. 44x44.

-**Fondazioni in c.c.a.** con plinto di sezione ml. 3.50x3.50x1.50 per i pilastri. (SF2)

-**Fondazioni inerti** in muratura e conglomerato con allargamento a risega continue sul perimetro esterno. (SF1)

#### 2. VALUTAZIONE STATICA.

Volta di copertura; Ppr.+P.perm.=180 Kgmq.(stimati)

Trave c.c.a. 44x63; Ppr. = 700 Kgml.

P.acc. = 90 Kgmq.(valore max. ammissibile per la verifica)

An. Carichi.

P. proprio+perm. =4.300 Kg.ml.

P. acc. =1.800 Kg.ml.

P. tot. =6.100 Kg.ml.



-Trave centrale in mezzaria (PND2) sezione rettangolare cm. 63x44.  
Rck=200 con armatura a flessione Af=10,90cmq. costituita da 2fi20+3fi14 lisci ,staffe fi6/40".  
Sigma f. =1600 kg.cmq.(stima)  
Verifica flessione: Mf +9534Kgm.;sigma f. 1590kgcmq.;sigma c.50kgcmq.;  
Af 10.80cmq.A'f 3.1cmq. staffe fi6/12".

-Trave laterale in mezzaria (PND3) sezione rettangolare cm. 63x44.  
Rck=200 con armatura a flessione Af=20.86cmq. costituita da 6fi20+1fi16 lisci ,staffe fi6/30".  
Sigma f. =1600 kg.cmq.(stima)  
Verifica flessione: Mf +18189Kgm.;sigma f. 1600kgcmq.;sigma c.72kgcmq.;  
Af 20.90cmq.A'f 5.8cmq. staffe fi6/12".

-Pilastro(PND1)sezione cm. 44x44.  
Rck=200 ; Af=18.85cmq. costituita da 6fi20 lisci ,staffe fi6/25".  
Sigma f. =1600 kg.cmq.(stima)  
Verifica : N 46922Kg.;My-1161Kgm.;sigma f.287kgcmq.;sigma c.29kgcmq.;  
Af 12,57cmq. staffe fi 8/18".

-Fondazione continua(SF1)considerando un'area di impronta 1.75x3.50 ml. alla profondita' di 1.50ml. si ottengono pressioni sul terreno =0.4kgcmq.

-Fondazione a plinto(SF2)considerando un'area d'impronta 3.50x3.50 ml. alla profondita' di 1.50ml. si ottengono pressioni sul terreno =0.6Kkgcmq.

### 3. CONCLUSIONE

Dall'esame dei dati riportati nel fascicolo prove nonche' da quelli ricavati analiticamente si ottiene una valutazione di generale sufficienza statica delle strutture indagate, travi nelle sezioni di mezzaria ,pilastri, fondazioni.

In particolare per le travi, la profondita' di carbonatazione supera lo spessore del copriferro. I valori bassi della resistenza Rck. riscontrati sono conseguenza del degrado in atto nel c.l.s. I ferri di armatura superiori in mezzaria della campata centrale sono stati definiti teoricamente in quanto l'indagine sperimentale se pur condotta con una strumentazione adeguata non ha permesso di conoscerne l'esatta consistenza. Il diametro fi=6cmq. delle staffe risulta inadeguato pertanto il passo teorico di verifica risulta molto inferiore a quello reale.

L'assenza di fessurazioni nelle strutture esaminate dimostra comunque la capacita' portante assicurata fino ad ora in risposta alle azioni delle forze esterne indotte dai carichi e sovraccarichi reali .

La limitazione a 90Kgmq. imposta dalle condizioni di verifica al sovraccarico accidentale non rispetta l'attuale normativa vigente in materia di verifiche di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi D.M. 16.01.1996 .

Bologna li 16.10.2003



## RELAZIONE STATICA

### ARCHIVIO REGIONALE DI S.GIORGIO DI PIANO BOLOGNA

#### “DEPOSITO SCHELLENBERG”

#### PREMESSA

In seguito alle indagini conoscitive sulle strutture in cemento armato portanti il coperto del fabbricato in epigrafe, effettuate a partire dal giorno 04 Settembre 2003 dalla Ditta Tecno Futur Service, il sottoscritto ingegnere Claudio Rizzati in qualità di tecnico incaricato di valutare le risultanze e verificarne la corrispondenza alla normativa vigente per la sicurezza in materia di carichi e sovraccarichi nelle costruzioni riscontra quanto segue.

#### 1. DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

##### **Copertura a volta in laterocemento (S01-S02-S03)**

-Orditura principale con travetti in c.l.s. interposti ad elementi di alleggerimento in laterizio h=15cm.luce 20.00 ml.Tiranti a barre doppie di acciaio ogni 2,0ml.a contrasto della componente orizzontale della spinta.

-**Travata in c.c.a** a tre campate di uguale luce, in opera su pilastri intermedi ed estremita' sulla muratura (PND2-PND3) Sezione utile h=63-b=44.

Luce di calcolo 6.65 ml.ogni campata.

-**Pilastri in c.c.a.**in opera(PND1) h.=6.20ml. sezione cm.44x44.

-**Fondazioni in c.c.a.** con plinto di sezione ml.3.50x3.50x1.50 per i pilastri.(SF2)

-**Fondazioni inerti** in muratura e conglomerato con allargamento a risega continue sul perimetro esterno.(SF1)

#### 2. VALUTAZIONE STATICA.

Volta di copertura; Ppr.+P.perm.=180 Kgml.(stimati)

Trave c.c.a.44x63; Ppr. = 700 Kgml.

P.acc. = 90 Kgml.(valore max. ammissibile per la verifica)

An.Carichi.

P.proprio+perm. =4.300 Kg.ml.

P.acc. =1.800 Kg.ml.

P.tot. =6.100 Kg.ml.



-Trave centrale in mezzaria (PND2) sezione rettangolare cm. 63x44.  
Rck=200 con armatura a flessione Af=10,90cmq. costituita da 2fi20+3fi14 lisci ,staffe fi6/40".  
Sigma f. =1600 kg.cmq.(stima)  
Verifica flessione: Mf +9534Kgm.;sigma f. 1590kgcmq.;sigma c.50kgcmq.;  
Af 10.80cmq.A'f 3.1cmq. staffe fi6/12".

-Trave laterale in mezzaria (PND3) sezione rettangolare cm. 63x44.  
Rck=200 con armatura a flessione Af=20.86cmq. costituita da 6fi20+1fi16 lisci ,staffe fi6/30".  
Sigma f. =1600 kg.cmq.(stima)  
Verifica flessione: Mf +18189Kgm.;sigma f. 1600kgcmq.;sigma c.72kgcmq.;  
Af 20.90cmq.A'f 5.8cmq. staffe fi6/12".

-Pilastro(PND1)sezione cm.44x44.  
Rck=200 ; Af=18.85cmq. costituita da 6fi20 lisci ,staffe fi6/25".  
Sigma f. =1600 kg.cmq.(stima)  
Verifica : N 46922Kg.;My-1161Kgm.;sigma f.287kgcmq.;sigma c.29kgcmq.;  
Af 12,57cmq. staffe fi 8/18".

-Fondazione continua(SF1)considerando un'area di impronta 1.75x3.50 ml. alla profondita' di 1.50ml. si ottengono pressioni sul terreno =0.4kgcmq.

-Fondazione a plinto(SF2)considerando un'area d'impronta 3.50x3.50 ml. alla profondita' di 1.50ml. si ottengono pressioni sul terreno =0.6Kgmq.

### 3. CONCLUSIONE

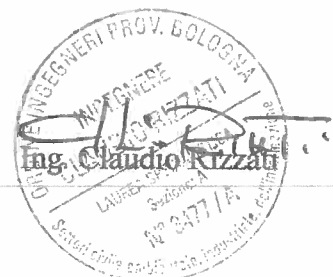
Dall'esame dei dati riportati nel fascicolo prove nonche' da quelli ricavati analiticamente si ottiene una valutazione di generale sufficienza statica delle strutture indagate, travi nelle sezioni di mezzaria ,pilastri, fondazioni.

In particolare per le travi, la profondita' di carbonatazione supera lo spessore del copriferro. I valori bassi della resistenza Rck. riscontrati sono conseguenza del degrado in atto nel c.l.s. I ferri di armatura superiori in mezzaria della campata centrale sono stati definiti teoricamente in quanto l'indagine sperimentale se pur condotta con una strumentazione adeguata non ha permesso di conoscerne l'esatta consistenza. Il diametro fi=6cmq. delle staffe risulta inadeguato pertanto il passo teorico di verifica risulta molto inferiore a quello reale.

L'assenza di fessurazioni nelle strutture esaminate dimostra comunque la capacita' portante assicurata fino ad ora in risposta alle azioni delle forze esterne indotte dai carichi e sovraccarichi reali.

La limitazione a 90Kgmq. imposta dalle condizioni di verifica al sovraccarico accidentale non rispetta l'attuale normativa vigente in materia di verifiche di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi D.M.16.01.1996.

Bologna li 16.10.2003







*RIMANENDO A DISPOSIZIONE PER EVENTUALI DELUCIDAZIONI,  
LE INVIAMO DISTINTI SALUTI*

**IL PRESIDENTE.**

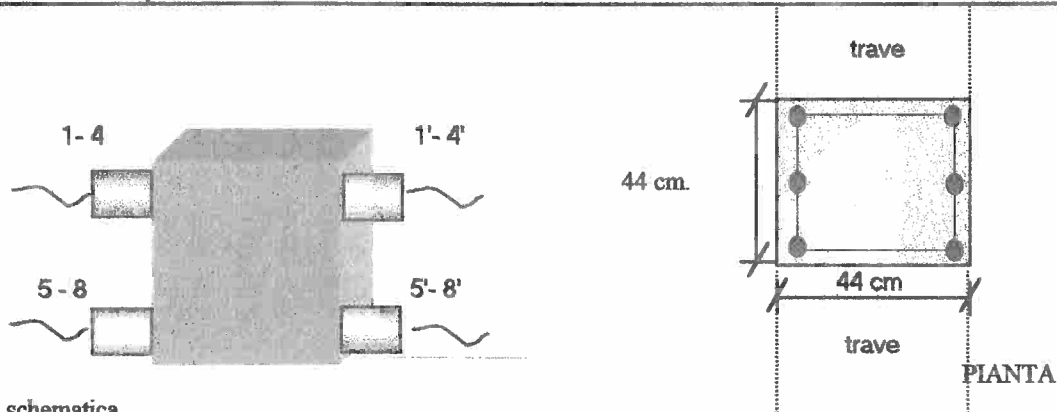
**TECNO FUTUR SERVICE S.r.l.**  
Via per Modena n. 20  
☎ (059) 90.90.38  
41030 BOMPORTO (Modena)  
Partita I.V.A. 01824270366

**INDAGINI DIAGNOSTICHE SU C.A.**

**PROVA P 1**

*Schema elemento analizzato:*

elemento: **PILASTRO IN CEMENTO ARMATO**



sez. schematica

<i>armatura longitudinale:</i>	6 ferri $\phi$ 20 lisci	<i>copriferro medio (mm):</i>	7-23 mm
<i>armatura trasversale:</i>	staffe $\phi$ 6 passo 25 cm.	<i>copriferro medio (mm):</i>	

*Analisi visiva:* **STATO CONSERVATIVO BUONO**

**ANALISI STRUMENTALE**

<i>Analisi ultrasonica</i>					<i>Campioni prelevati</i>		
Punti	S mm	T us	VEL. m/s	Note			
1 - 1'	440	122,0	3607		nessuno		
2 - 2'	440	122,9	3580		Prova "path-finder"		
3 - 3'	440	127,7	3446		non eseguita		
4 - 4'	440	126,1	3489				
5 - 5'	440	126	3492		<i>Profondità di carbonatazione</i>		
6 - 6'	440	122,9	3580		A	>38	mm.
7 - 7'	440	123,8	3554		B	28	mm.
8 - 8'	440	127,4	3454				
					<i>Modulo elastico</i>		
					E =	282400	Kg/cmq.

<i>Velocità media ultrasonica (Vm):</i>			<i>Resistenza Rc:</i>		
3525	m/sec.		1) PULL-OUT	210	Kg/cmq.
<i>Deviazione standard:</i>			2) SON-REB	232	Kg/cmq.
57,40	m/sec.		PROVA LAB.	-	Kg/cmq.

<i>Pull-out:</i>			<i>Indice sclerometrico (<math>\theta^\circ</math>):</i>		
Punto	Valori		Valore minimo	35	
A	75	bar	Valore massimo	42	
B	82	bar	MEDIA	38	
MEDIA	78,5	bar	DEV. STAND.	2,49	

**RESISTENZA Rc (combinazione Pull-out e Son-reb)**

**DEPOSITI SCHELLENBERG & BRENNER**

- S. GIORGIO IN PIANO (BO) -



SCHEDA

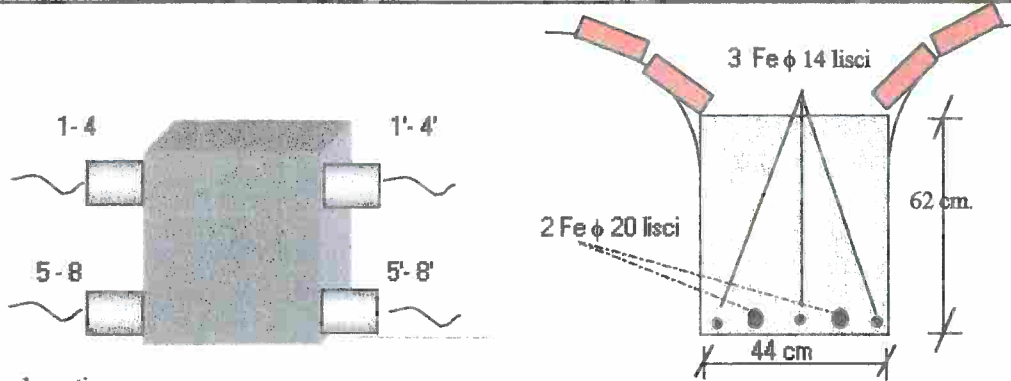
PND2

**INDAGINI DIAGNOSTICHE SU C.A.**

**PROVA P 2**

*Schema elemento analizzato:*

elemento: TRAVE CENTRALE IN MEZZERIA



sez. schematica

armatura longitudinale:	2 Fe φ 20 - 3 Fe φ 14 lisci	copriferro medio (mm):	15
armatura trasversale:	staffe φ 6 passo 40 cm.	copriferro medio (mm):	

Analisi visiva: Ossidazione dell'armatura, fessurazioni capillari in corrispondenza delle staffe

**ANALISI STRUMENTALE**

Analisi ultrasonica					Campioni prelevati		
Punti	S mm	T μs	VEL. m/s	Note			
					nessuno		
1 - 1'	440	131,0	3359		Prova "path-finder"		
2 - 2'	440	128,0	3438		non eseguita		
3 - 3'	440	126	3492				
4 - 4'	440	126	3492		Profondità di carbonatazione		
5 - 5'	440	126	3492		A	>46	mm.
6 - 6'	440	131,0	3359		B	>45	mm.
7 - 7'	440	129	3411		Modulo elastico		
8 - 8'	440	133,0	3308		E =	265600	Kg/cmq.

Velocità media ultrasonica (Vm):		Resistenza Rc:	
3419	m/sec.	1) PULL-OUT	198 Kg/cmq.
Deviazione standard:		2) SON-REB	200 Kg/cmq.
72,82	m/sec.	PROVA LAB.	- Kg/cmq.

Pull-out:			Indice sclerometrico (0°):	
Punto	Valori		Valore minimo	33
A	70	bar	Valore massimo	40
B	75	bar	<b>MEDIA</b>	<b>36</b>
<b>MEDIA</b>	<b>72,5</b>	<b>bar</b>	<b>DEV. STAND.</b>	<b>2,12</b>

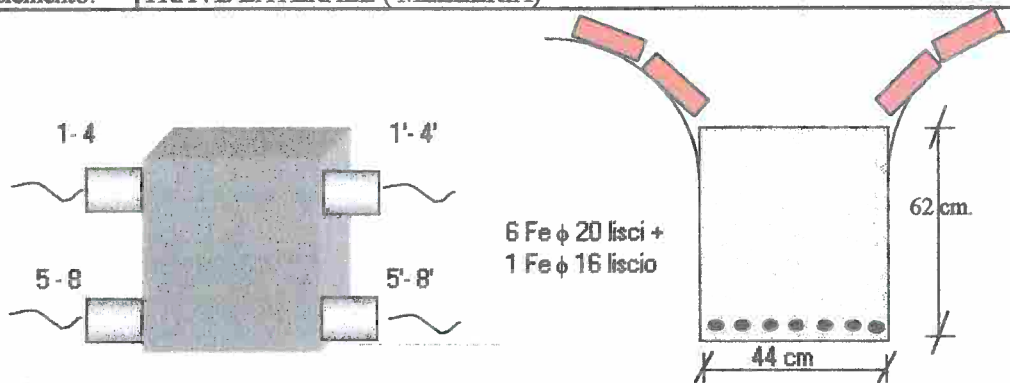
**RESISTENZA Rc (combinazione Pull-out e Son-reb)**

**INDAGINI DIAGNOSTICHE SU C.A.**

**PROVA P 3**

*Schema elemento analizzato:*

elemento: TRAVE LATERALE (MEZZERIA)



sez. schematica

armatura longitudinale:	6 Fe φ 20 - 1 Fe φ 16 lisci	copriferro medio (mm):	12 mm
armatura trasversale:	staffe φ 6 passo 30 cm.	copriferro medio (mm):	

Analisi visiva: Armatura lievemente ossidata. Le travi presentano una controfreccia all'intradosso.

**ANALISI STRUMENTALE**

Analisi ultrasonica					Campioni prelevati	
Punti	S mm	T μs	VEL. m/s	Note		
1 - 1'	440	128,0	3438		nessuno	
2 - 2'	440	130,0	3385		Prova "path-finder"	
3 - 3'	440	132	3333		non eseguita	
4 - 4'	440	129	3411			
5 - 5'	440	135	3259		Profondità di carbonatazione	
6 - 6'	440	135,0	3259		A	>48 mm.
7 - 7'	440	131	3359		B	>45 mm.
8 - 8'	440	135,0	3259		Modulo elastico	
					E =	253200 Kg/cmq.

Velocità media ultrasonica (Vm):		Resistenza Rc:	
3338	m/sec.	1) PULL-OUT	181 Kg/cmq.
Deviazione standard:		2) SON-REB	188 Kg/cmq.
64,66	m/sec.	PROVA LAB.	- Kg/cmq.

Pull-out:			Indice sclerometrico (0°):	
Punto	Valori		Valore minimo	
A	55	bar	Valore massimo	33
B	74	bar	<b>MEDIA</b>	40
<b>MEDIA</b>	<b>64,5</b>	<b>bar</b>	<b>DEV. STAND.</b>	<b>36</b>
				<b>2,12</b>

**RESISTENZA Rc (combinazione Pull-out e Son-reb)**

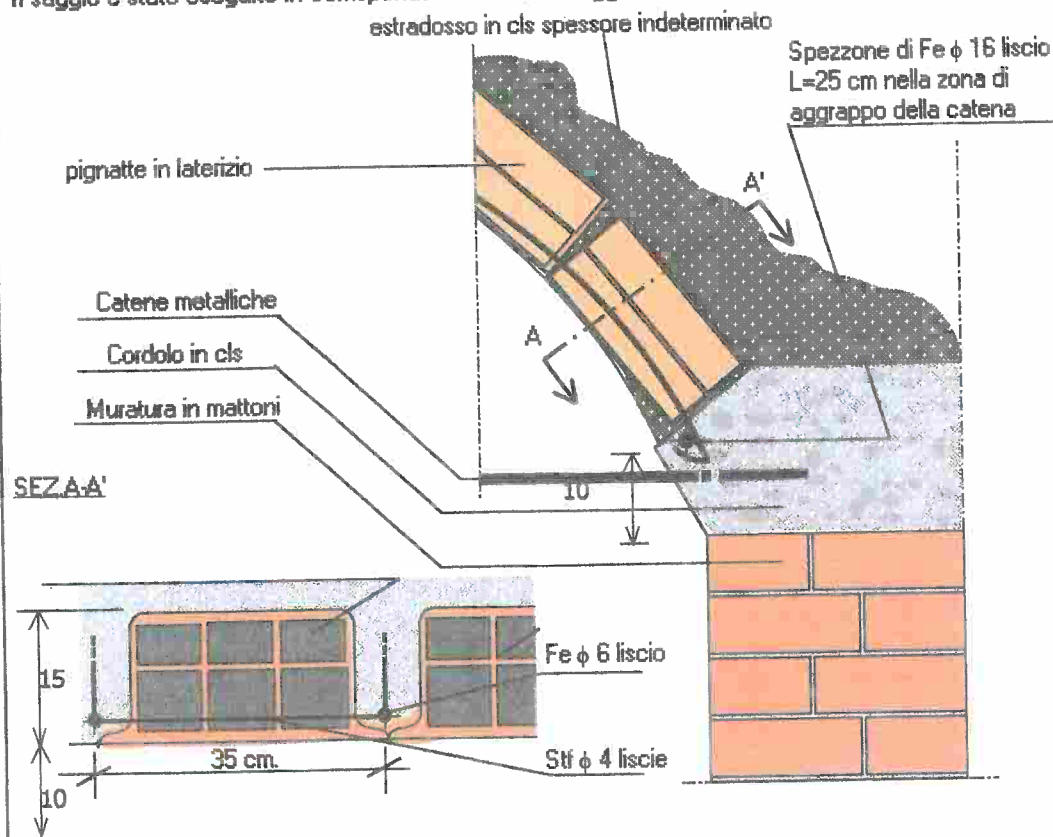
**189,5**



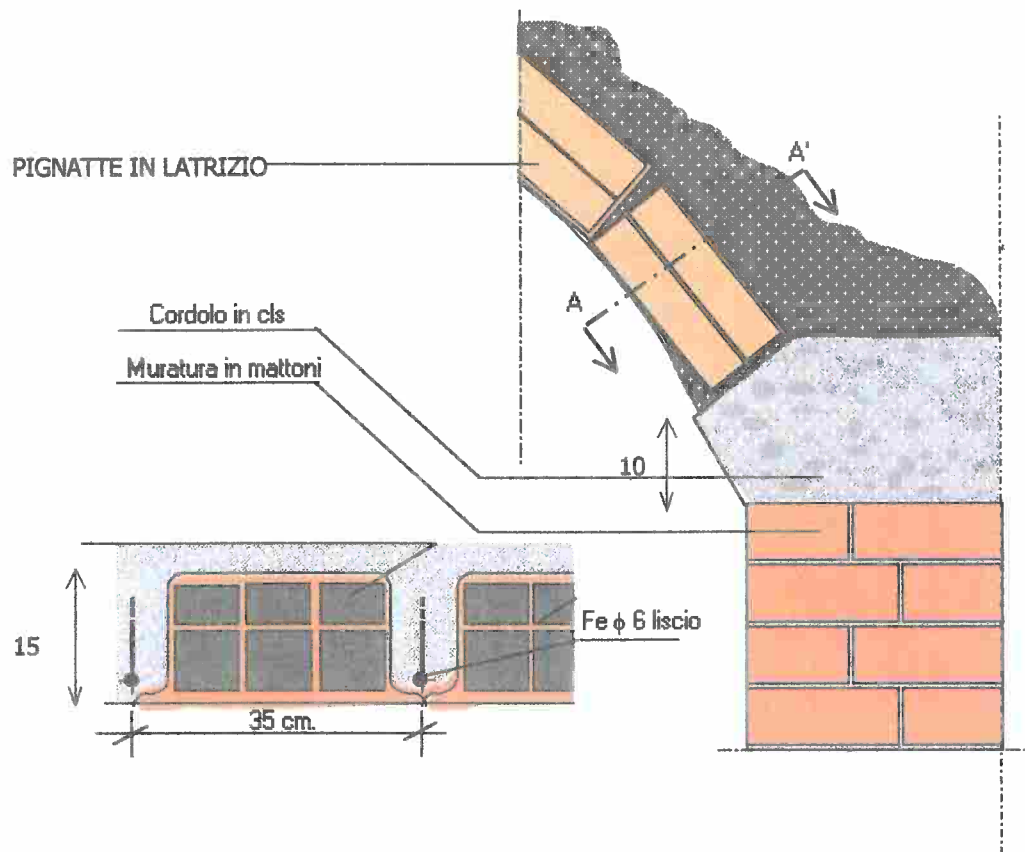
SAGGI ESPLORATIVI

PROVA S 1

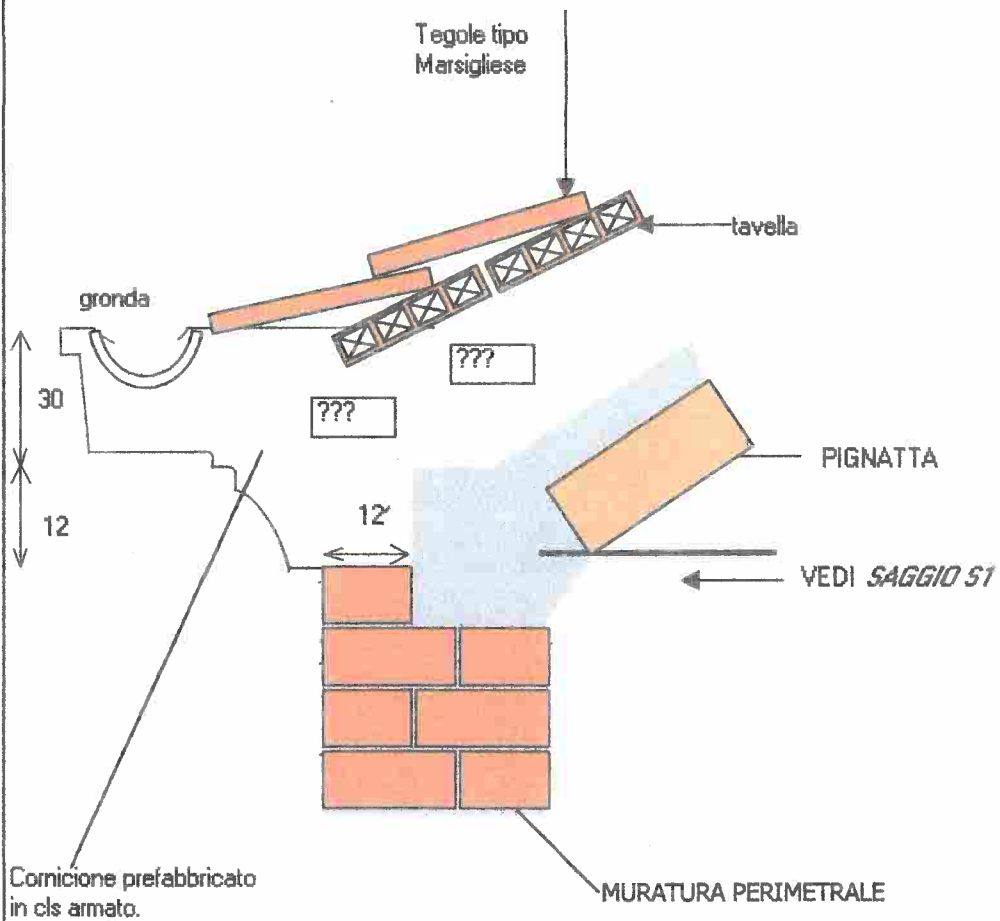
Il saggio è stato eseguito in corrispondenza dell'ancoraggio della catena metallica alla parete perimetrale.



NOTA : IL SAGGIO NON HA RILEVATO NESSUNA TRAVE PERIMETRALE AL DISOTTO DELL'ARRIVO DEI LATERIZI DELLA COPERTURA (Vedi foto)



NOTA : IL SAGGIO, SIMILE A S1, NON HA RILEVATO NESSUNA TRAVE PERIMETRALE AL DISOTTO DELL'ARRIVO DEI LATERIZI DELLA COPERTURA (Vedi foto)



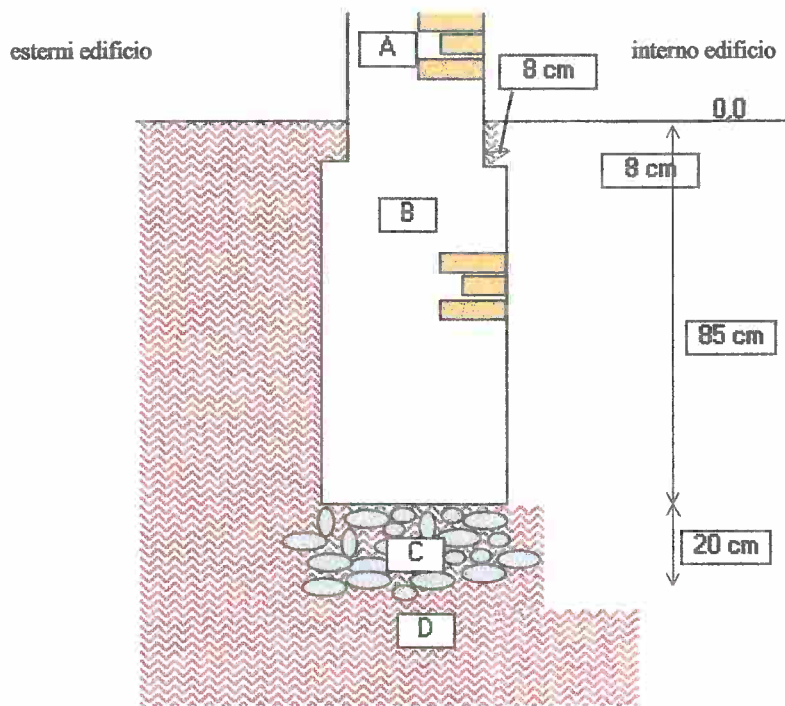
NOTA : IL SAGGIO NON HA RILEVATO NESSUNA TRAVE PERIMETRALE AL DISOTTO  
CORNICIONE ESTERNO- RILEVATO CLS INTERNO PROBABILE ARRIVO CORDOLO INTERNO



Ubicazione  
Deposito T.R Schelleberg

Descrizione: A: Muratura in mattoni in elevazione  
B: Muratura in mattoni profonda 85 cm con risega di 8 cm  
C: Strato compatto di ghiaione frammisto a terriccio  
D: Terreno argilloso compatto

nota : si suppone che esternamente la fondazione sia simmetrica a quella rilevata internamente



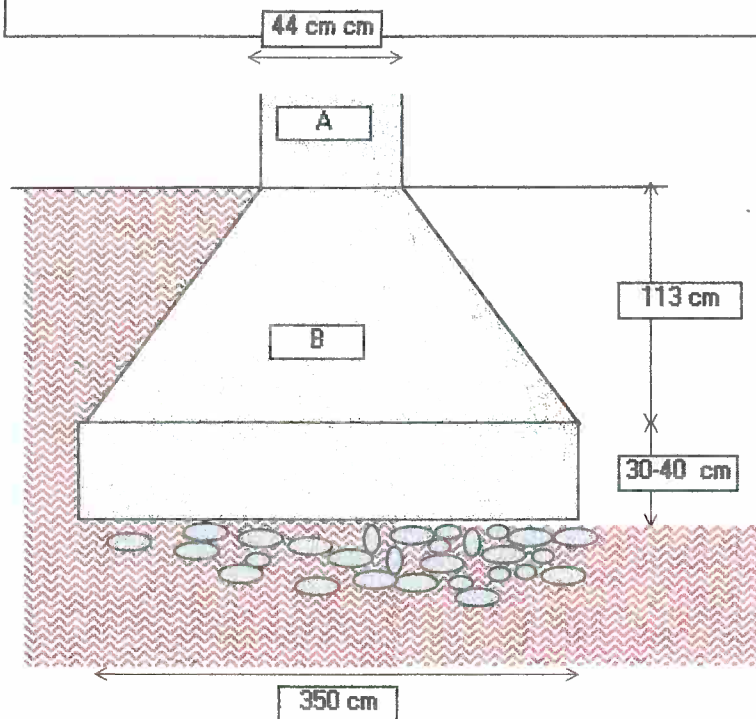
SEZIONE VERTICALE





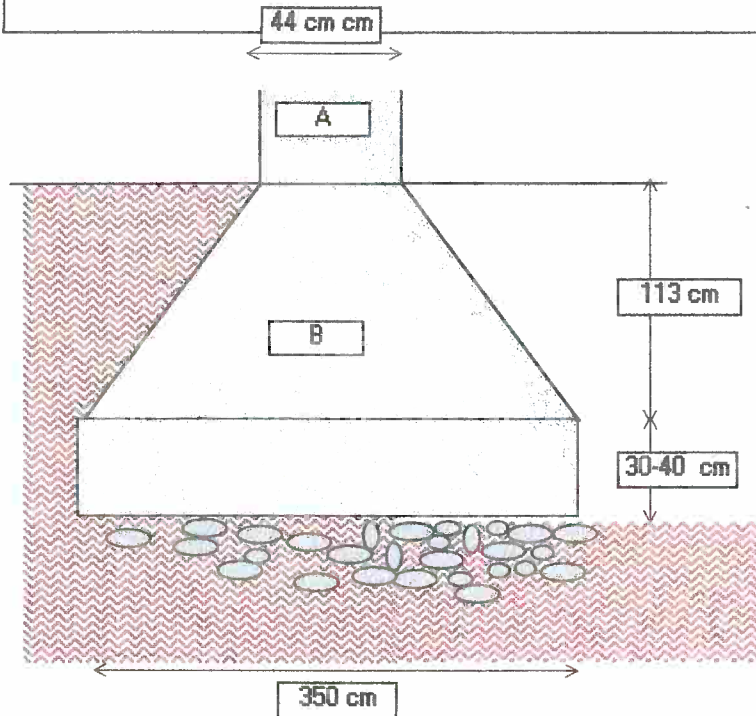
Ubicazione  
Deposito T.R Schelleberg

Descrizione: A: Pilastro in cemento armato  
B: Plinto di cemento trapezoidale a base quadrata di lato 350 cm



Ubicazione  
Deposito T.R Schelleberg

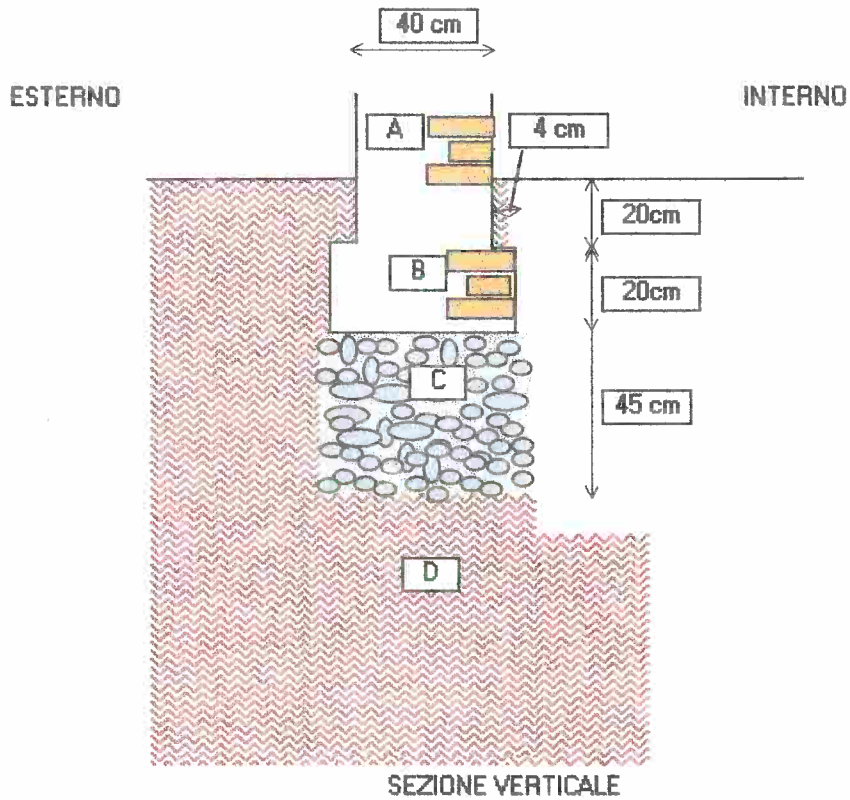
Descrizione: A: Pilastro in cemento armato  
B: Plinto di cemento trapezoidale a base quadrata di lato 350 cm



Ubicazione  
Deposito T.R Schelleberg

Descrizione: A: Muratura in mattoni  
B: Muratura in mattoni profonda 40 cm con risega di 4 cm  
C: Magrone di fondazione  
D: Terreno

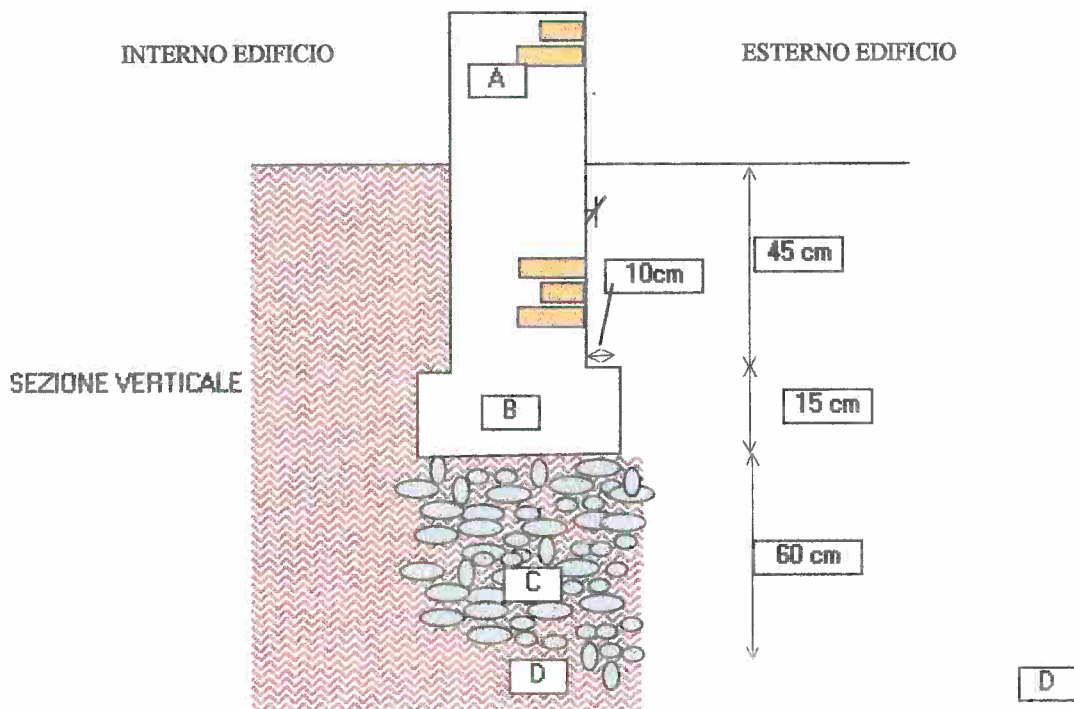
nota : si suppone che esternamente la fondazione sia simmetrica a quella rilevata internamente



Ubicazione  
Deposito T.R. Schelleberg

Descrizione: A: Muratura in mattoni in elevazione  
B: Muratura in mattoni con risega di 10 cm  
C: Strato compatto di terra e ghiaione  
D: Terreno argilloso compatto

nota : si suppone che internamente la fondazione sia simmetrica a quella rilevata esternamente





**TELAIO CENTRALE IN c.a. CON INDICATI P.TI DI PROVA PND**



**CESTELLO ELVATORE PER INDAGINI E PRELIEVI IN QUOTA**



**PROVA P N D 1**



**PROVA P N D 2**



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

**DOC.FOT.3**

**PROVA P N D 3**

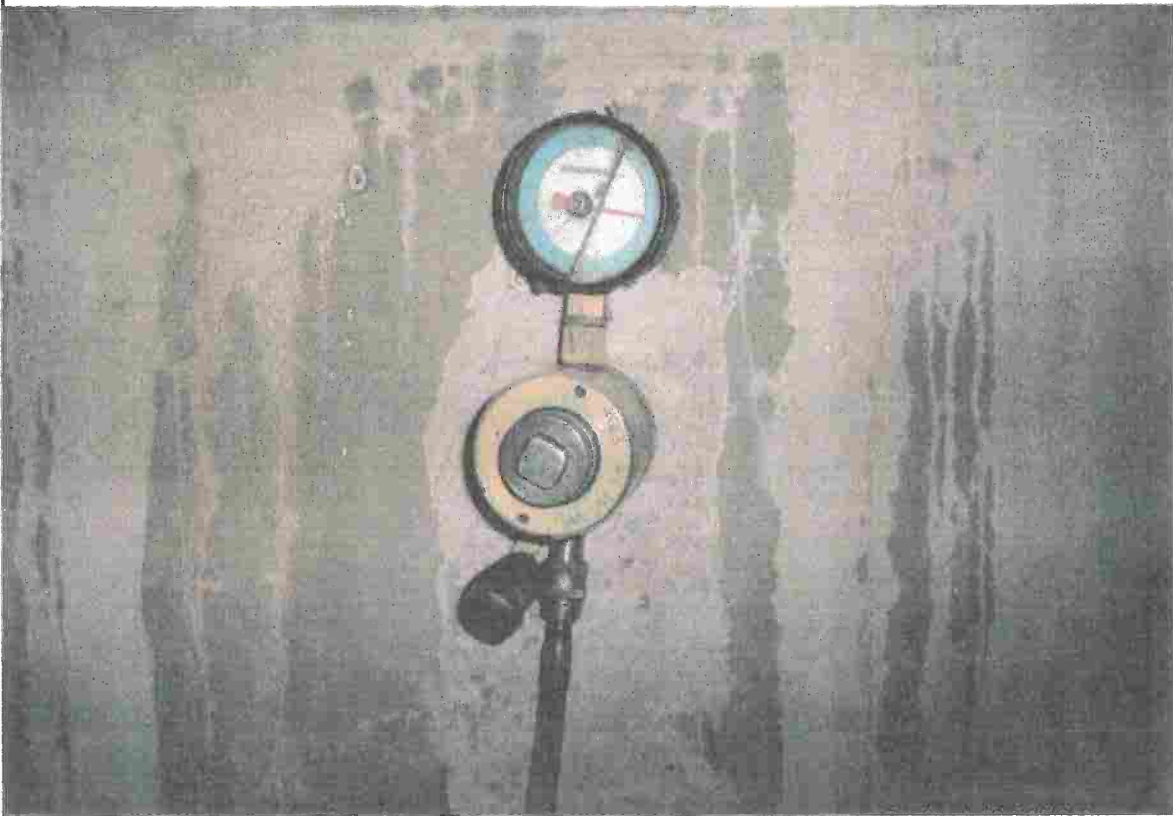


**RILIEVI ULTRASONICI CON PUNDIT**





**PROVA DI PULL OUT**



**ESCAVATORE DURANTE LO SCAVO SF1**





# "ARCHIVIO CENTRALIZZATO REGIONE E.R."

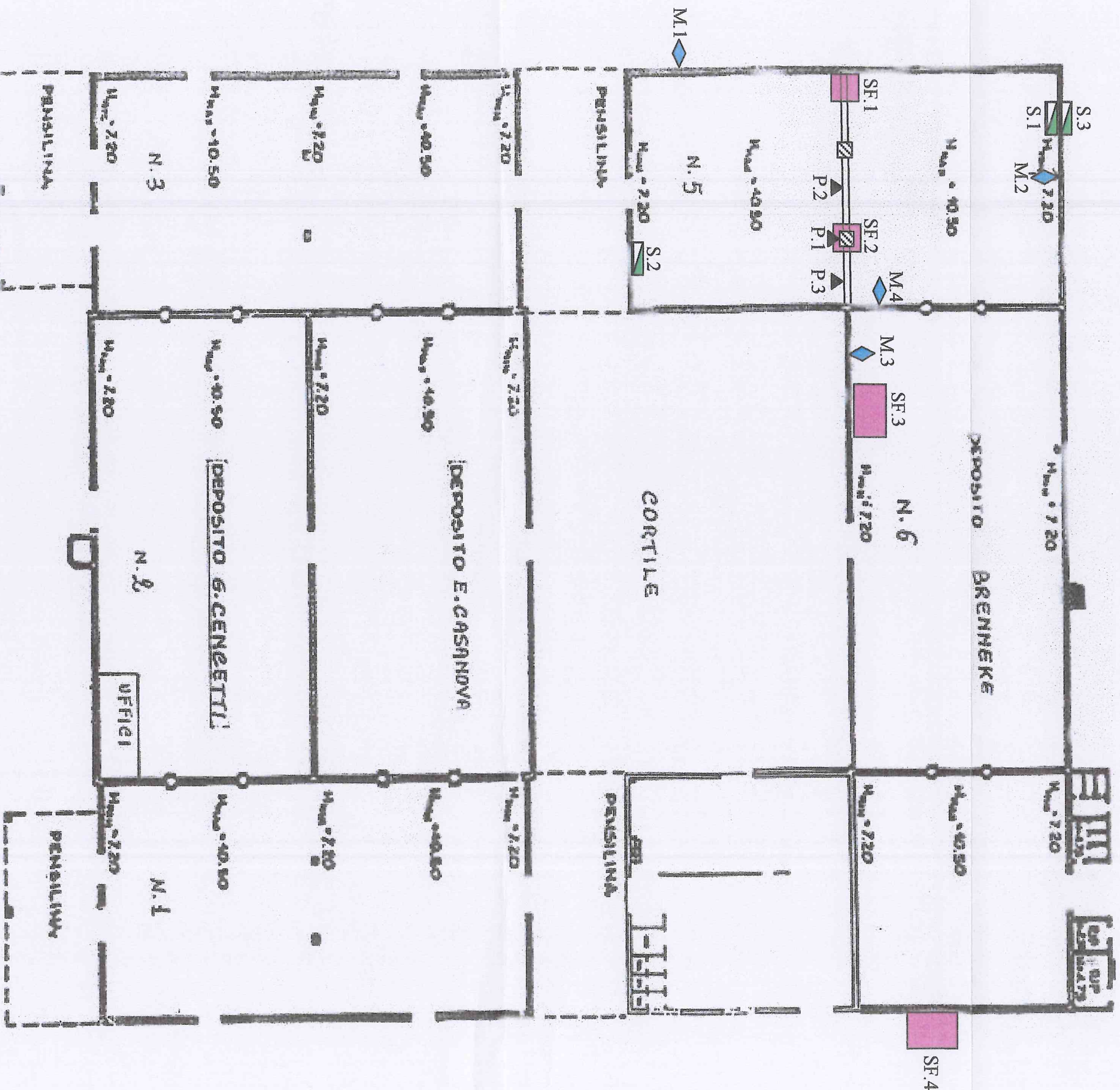
S. Giorgio in Piano (Bo)



SCHEDA

## PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI

TAVOLA 1



SIMBOLOGIA INDAGINE

DENOMINAZIONE DELL'INDAGINE



SF.1

SCAVI FONDAZIONALI



S.1

SAGGI ESPLORATIVI



M.1

PRELIEVI DI MATTONE

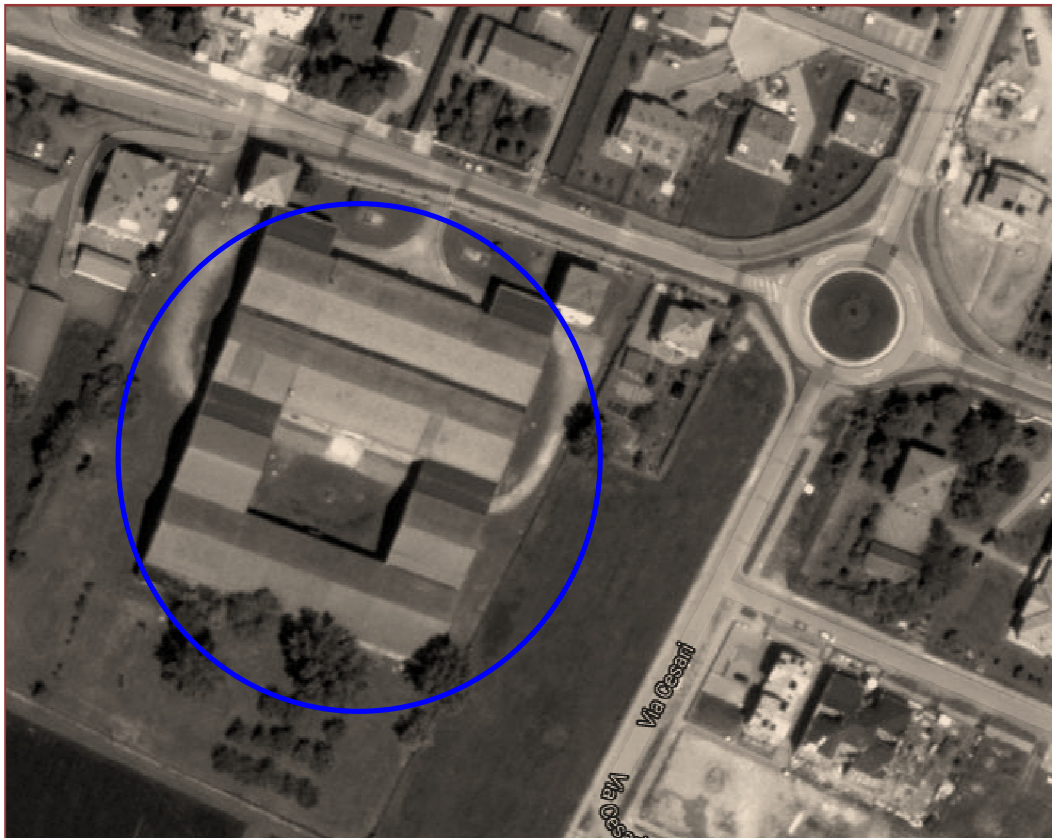


P.1

PROVE NON DISTRUTTIVE SU ELEMENTI IN CALCESTRUZZO

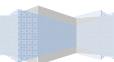


**FORNITURA DI SERVIZI TECNICI DI LABORATORIO FINALIZZATI ALLE  
INDAGINI PER VERIFICHE SISMICHE  
SULL'ARCHIVIO STORICO DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA  
SAN GIORGIO DI PIANO (BO)**



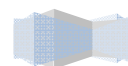
**COMMITTENZA:** REGIONE EMILIA ROMAGNA – SERVIZIO PATRIMONIO

Il Direttore Tecnico:



## Sommario

PREMESSA .....	3
1. INDAGINI ESEGUITE.....	4
2. INDIVIDUAZIONE AREE DI PROVA.....	6
3. LOCALIZZAZIONE CATENE TESTATE.....	7
4. RIFERIMENTI TEORICI .....	8
5. APPARECCHIATURA UTILIZZATA .....	9
6. ELABORAZIONI E RESTITUZIONE DATI.....	9
6.1 ELABORAZIONI .....	9
6.2 RESTITUZIONE DATI.....	11
7. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	23



## PREMESSA

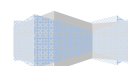
La presente relazione espone i risultati delle *Indagini per verifiche sismiche* effettuate dalla Società Geotecnica srl il 6 novembre 2013 sull'Archivio Storico della Regione Emilia Romagna, sito in San Giorgio di Piano (BO) Via Marconi n. 3-5-7. Tale incarico è stato commissionato alla scrivente dal Responsabile del Servizio Patrimonio della Regione Emilia Romagna con ordine n. 1300848 - CIG XFA0B09925.

Le indagini suddette sono finalizzate alla valutazione del carico agente dei tiranti, presenti nei corpi A e B dell'Archivio Storico, ai quali viene affidata la funzione di eliminare, o ridurre, la spinta indotta dalla copertura a volta. Le indagini sono state svolte effettuando prove dinamiche, prove statiche e, su richiesta della Committenza, rilievi dinamici in corrispondenza di configurazioni diverse della catena.

Hanno assistito alle prove i signori:

Dott. Ing. Stefano Silvestri	DICAM Dipartimento di ingegneria civile, ambientale e dei materiali
Dott. Ing. Luca Landi	DICAM Dipartimento di ingegneria civile, ambientale e dei materiali
Dott.ssa Giovanna Gravina Dott. Arch. Annagrazia Fabrocile	Responsabile laboratorio Geotecnica srl Responsabile laboratorio Geotecnica srl

I test sono stati eseguiti dal laboratorio Geotecnica srl, autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti con n°11736.



## 1. INDAGINI ESEGUITE

Sono state eseguite le prove sotto elencate, rif. paragrafi 2 e 3:

- CORPO A

AREA 1-COPPIA DI CATENE CENTRALI:

- ✓ PROVA 1 eseguita su catena individuata con il n°1 di diametro 26.
- ✓ PROVA 2 eseguita su catena individuata con il n°2 di diametro 31.

- CORPO B

AREA 2- TERZA COPPIA DI CATENE da muro dx:

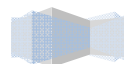
- ✓ PROVA 3a eseguita su catena individuata con il n°3 di diametro 26.
- ✓ PROVA 3a2 STATICA, carico max 15 kg, eseguita su catena individuata con il n°3 di diametro 26.
- ✓ PROVA 3b2 STATICA,carico max 15 kg, eseguita su catena individuata con il n°4 di diametro 26.
- ✓ PROVA 3b eseguita su catena individuata con il n°4 di diametro 26.

AREA 3- QUARTA COPPIA DI CATENE da muro dx:

- ✓ PROVA 4a eseguita su catena individuata con il n°5 di diametro 27.
- ✓ PROVA 4b eseguita su catena individuata con il n°6 di diametro 26.

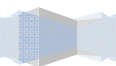
AREA 4- SETTIMA COPPIA DI CATENE da muro dx:

- ✓ PROVA 5 a2 CON VINCOLI, eseguita su catena individuata con il n°7 di diametro 30.
- ✓ PROVA 5a eseguita su catena individuata con il n°7 di diametro 30 con impulso orizzontale.
- ✓ PROVA 5 a3 SENZA VINCOLI, con impulso verticale, eseguita su catena individuata con il n°7 di diametro 30.
- ✓ PROVA 5b eseguita su catena individuata con il n°8 di diametro 29.

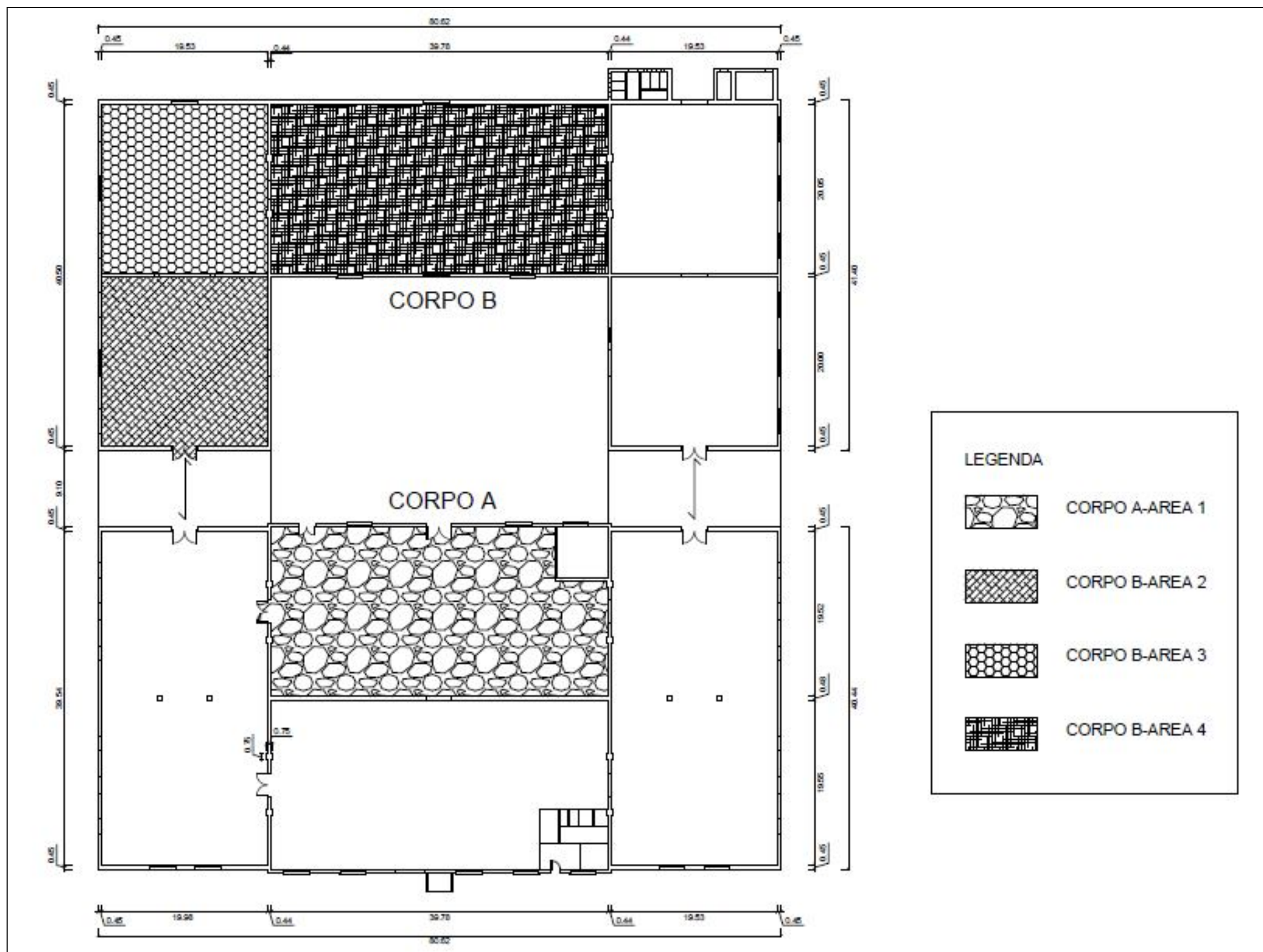


Per il rilievo dell'attacco sono state eseguite:

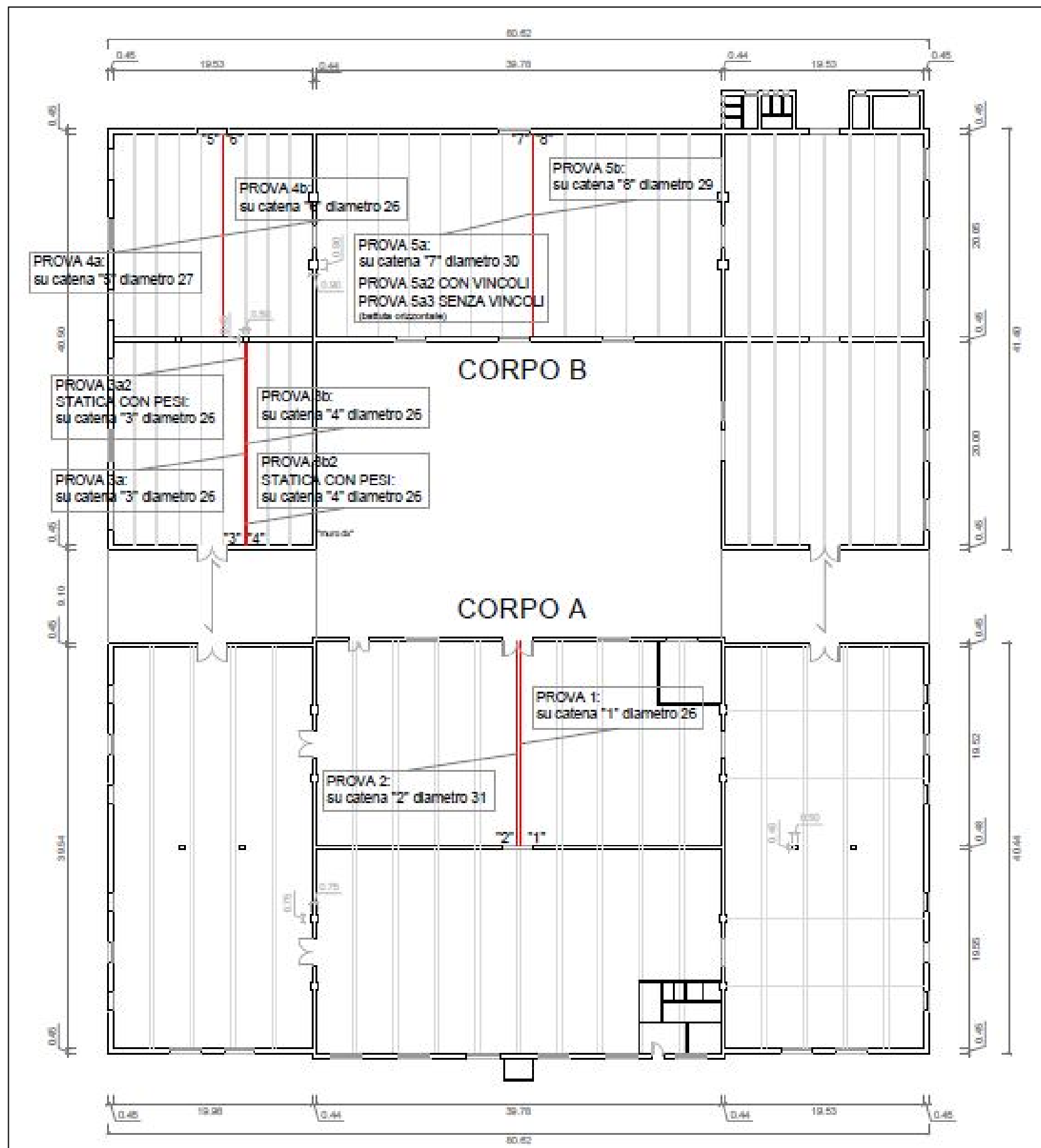
- CORPO A: una indagine non invasiva dall'esterno con pacometro che non ha prodotto i risultati auspicati in quanto era presenta una pluviale su entrambi i corpi all'altezza del cordolo di coronamento.
- CORPO B: due ispezioni invasive interne all'edificio raggiungendo una profondità rispettivamente di 16 cm e 20 cm da cui non sono emerse informazioni rilevanti.



## 2. INDIVIDUAZIONE AREE DI PROVA



### 3. LOCALIZZAZIONE CATENE TESTATE



**Geotecnica s.r.l.**

via dei Pioppi, 7 loc. Padulle 40010 Sala Bolognese (BO) - p.iva 02862280613 tel./fax +39 051/828994  
 infomail: geotecnica\_bologna@libero.it; info@geotecnicabologna.it



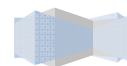
#### 4. RIFERIMENTI TEORICI

I metodi utilizzati per la determinazione della tensione dei tiranti, sia quello statico che quello dinamico, si basano su alcune ipotesi che nella realtà possono essere o meno rispettate, comportando ovviamente una approssimazione sul valore ricercato.

L'ipotesi, comune ad entrambi i metodi, è quella di considerare le caratteristiche geometriche e meccaniche della catena costanti per l'intera lunghezza: si suppongono cioè uniformi la massa per l'unità di lunghezza, il modulo elastico del materiale (assunto pari a 2.000.000 daN/cm<sup>2</sup>) ed il momento di inerzia della sezione trasversale. Comunque, piccole variazioni, anche concentrate, come per esempio i tenditori o giunzioni a cerniera, inducono approssimazioni, inferiori al 10%, che nella pratica corrente si possono ritenere accettabili.

Il metodo vibrazionale semplificato, utilizzato per l'elaborazione dei rilievi dinamici, consente di determinare lo sforzo assiale di una catena dalla sola determinazione della frequenza, fondamentale nell'ulteriore ipotesi, che possa considerarsi trascurabile la rigidità flessionale del tirante, che viene considerato, pertanto, come fune flessibile. Nella pratica, quanto meno è rispettata detta ipotesi, e cioè in presenza di elementi tozzi e poco sollecitati, tanto più ci si allontana, per eccesso, dal valore ricercato e di questo occorre tenere conto nella valutazione del dato ottenuto.

Il metodo statico, invece, schematizza la catena come una trave, con caratteristiche elastiche e geometriche costanti, vincolata agli estremi e caricata dalla forza assiale che si vuole determinare e da una forza, di valore noto, che si applica trasversalmente all'asse. La conoscenza del tipo di vincolo, pertanto, risulta fondamentale per la corretta determinazione dello sforzo agente. Per superare l'incertezza sul tipo di vincolo effettivamente presente, il tirante viene considerato prima semplicemente appoggiato agli estremi e poi incastrato, in tal modo si ottengono i valori estremi di una fascia, che comprende sicuramente il reale grado di vincolo del tirante e quindi lo sforzo assiale agente.





**Catena 7 – Prova 5 a 3:** la prova è stata effettuata dopo aver scollegato i tirantini verticali di sostegno e con sollecitazione orizzontale.

**Catena 7 – Prova 5 a:** la prova è stata effettuata su catena libera e con sollecitazione verticale.

La prova dinamica ha permesso di misurare le accelerazioni subite dalla catena a seguito di una sollecitazione impulsiva, e poi mediante elaborazione nel campo delle frequenze, di determinare il valore della prima frequenza delle oscillazioni flessionali della catena.

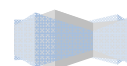
La prova statica ha permesso di misurare per effetto di un carico noto applicato, la freccia elastica, ad ogni incremento del carico stesso. E' stato applicato nella mezzeria della catena, ortogonalmente all'asse, un carico di 15 daN, in tre step di 5 daN ciascuno; le frecce per ciascuno degli incrementi di carico sono state misurate mediante un comparatore meccanico Borletti con campo di misura di 30 mm e precisione del centesimo di millimetro (0.01 mm).

Nella seguente tabella si riepilogano i risultati ottenuti:

CATENA	LUNGHEZZA mm	D mm	L/D	PROVA DINAMICA		PROVA STATICA (cerniera)		PROVA STATICA (incastro)	
				sforzo di trazione T (kN)	tensione daN/cm <sup>2</sup>	T (kN)	tensione daN/cm <sup>2</sup>	T (kN)	tensione daN/cm <sup>2</sup>
1	19985	26.60	751	47.68	850.2				
2	20070	30.60	656	90.00	1224.6				
3	19870	26.30	756	37.30	686.9	32.83	604.7	28.23	540.2
4	19870	25.6	777	43.30	829.24	34.74	664.9	28.23	540.2
5	19730	27.1	728	54.47	943.5				
6	19730	26.8	735	48.02	849.8				
7.1	19725	30.8	640	47.01	631.3				
7.2	19725	30.8	640	44.13	592.6				
7.3	19725	30.8	640	54.38	730.3				
8	19720	29.7	664	48.47	700.0				

Di seguito si riportano in dettaglio per ciascuna catena i seguenti dati:

- Dimensioni geometriche;
- Risultati della prova dinamica: diagrammi della Time History e PSD, valore di frequenza rilevato, valore di tensione e corrispondente sforzo di trazione;



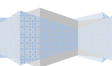
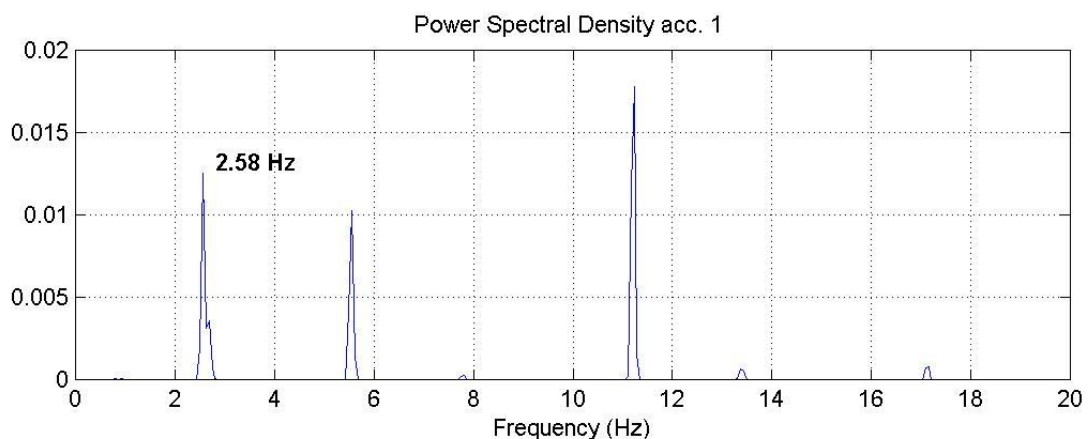
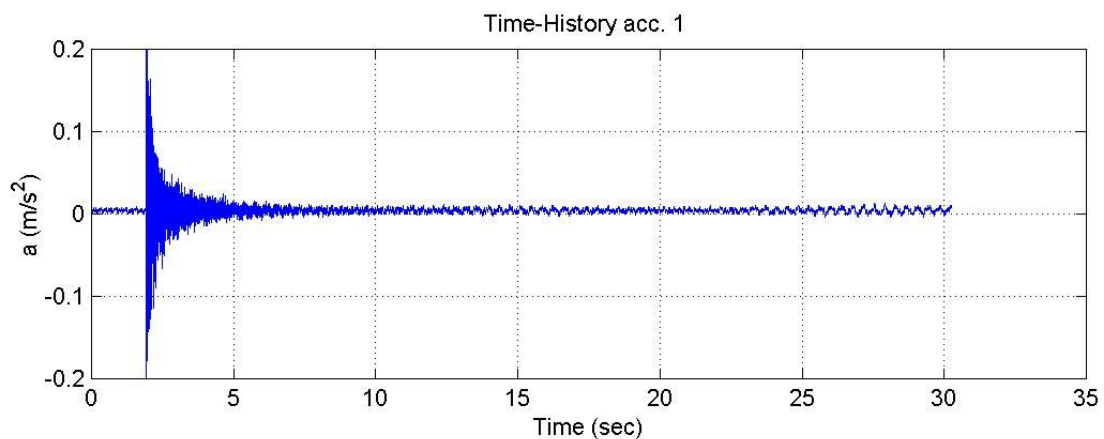
- Risultati della Prova statica (ove effettuata): tabella carichi-frecce, valori calcolati di forza agente e tensione per le due condizioni limite di estremi incastrati e di estremi incernierati.

## 6.2 RESTITUZIONE DATI

### CORPO A:PROVA 1:CATENA 1

LUNGHEZZA LIBERA CATENA	19985 mm
DIAMETRO	26.60 mm

#### PROVA DINAMICA

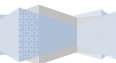
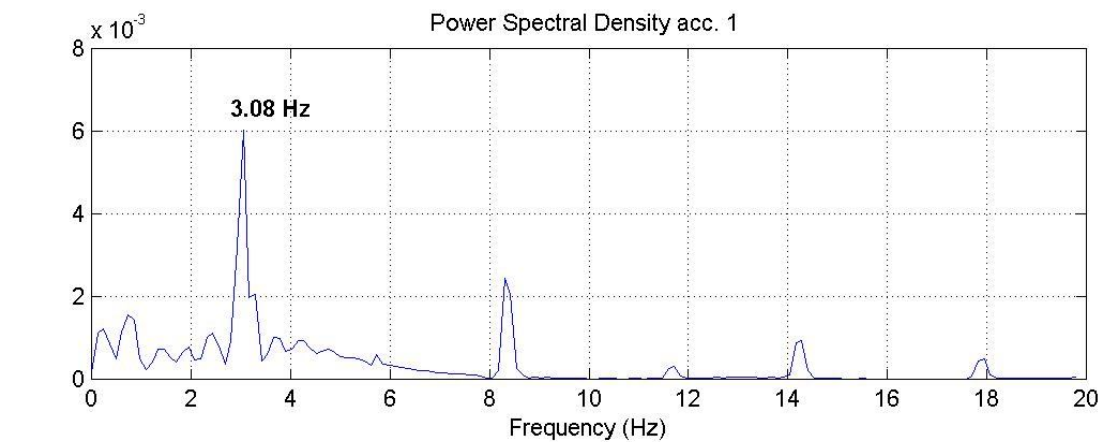
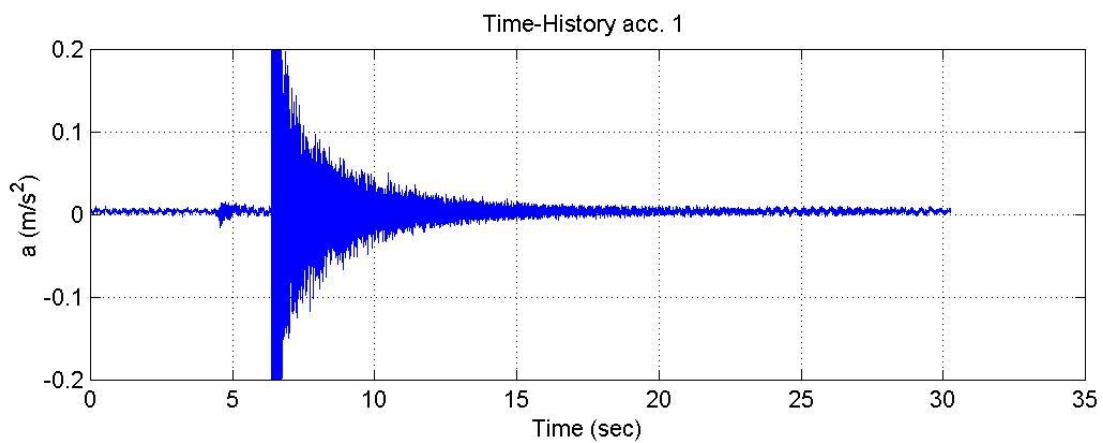


<b>FREQUENZA</b>	<b>2.58 Hz</b>
<b>TENSIONE</b>	<b>850.2 daN/cm<sup>2</sup></b>
<b>SFORZO DI TRAZIONE</b>	<b>47.68 kN</b>

**CORPO A :PROVA 2:CATENA 2**

LUNGHEZZA LIBERA CATENA	20070 mm
DIAMETRO	30.60 mm

*PROVA DINAMICA*

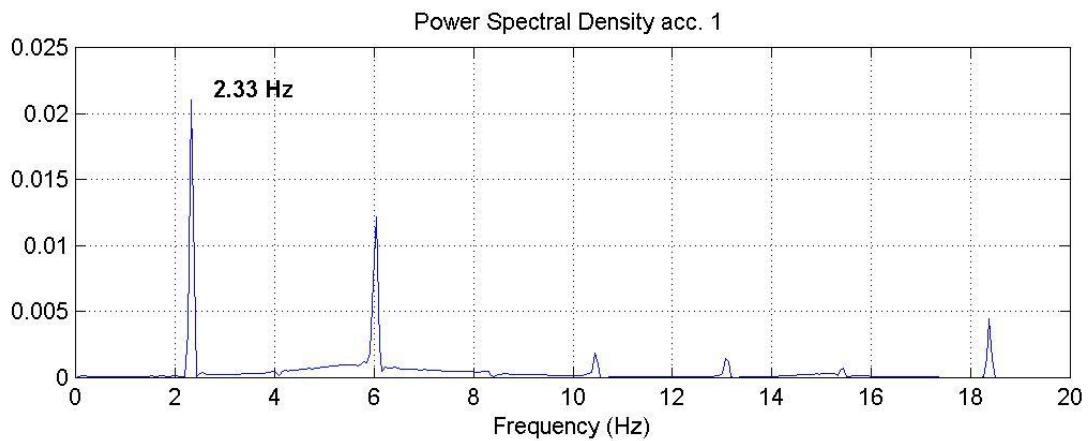
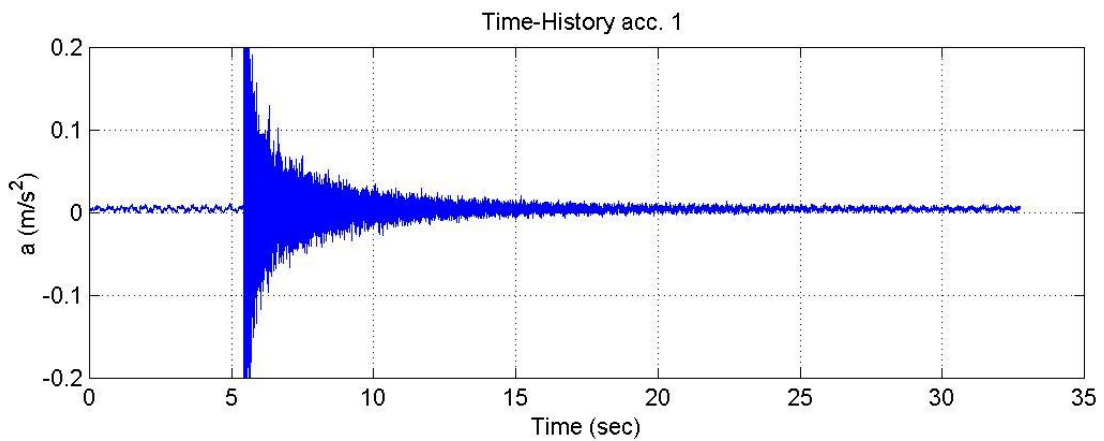


<b>FREQUENZA</b>	<b>3.08 Hz</b>
<b>TENSIONE</b>	<b>1224.6 daN/cm<sup>2</sup></b>
<b>SFORZO DI TRAZIONE</b>	<b>90.0 kN</b>

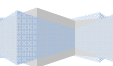
**CORPO B:PROVA 3 a:CATENA 3**

<b>LUNGHEZZA LIBERA CATENA</b>	<b>19870 mm</b>
<b>DIAMETRO</b>	<b>26.30 mm</b>

*PROVA DINAMICA*



<b>FREQUENZA</b>	<b>2.33 Hz</b>
------------------	----------------



<b>TENSIONE</b>	<b>686.9 daN/cm<sup>2</sup></b>
<b>SFORZO DI TRAZIONE</b>	<b>37.30 kN</b>

---

**CORPO B:PROVA 3 a 2:CATENA 3**


---

*PROVA STATICA*

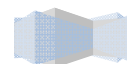
<b>CARICO [N]</b>	<b>FRECCIA [mm]</b>
0.0	0.00
49.0	9.59
98.0	18.44
147.0	28.54
98.0	18.48
49.0	9.60
0.0	0.01

**1) CASO DI VINCOLI COSTITUITI DA INCASTRO**

<b>SFORZO DI TRAZIONE</b>	<b>28.23 kN</b>
<b>TENSIONE</b>	<b>540.2 daN/cm<sup>2</sup></b>

**2) CASO DI VINCOLI COSTITUITI DA CERNIERE**

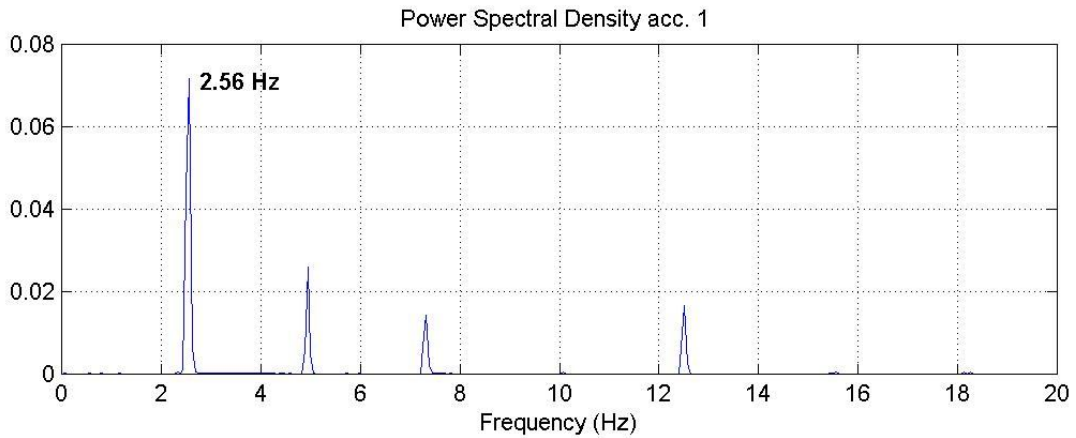
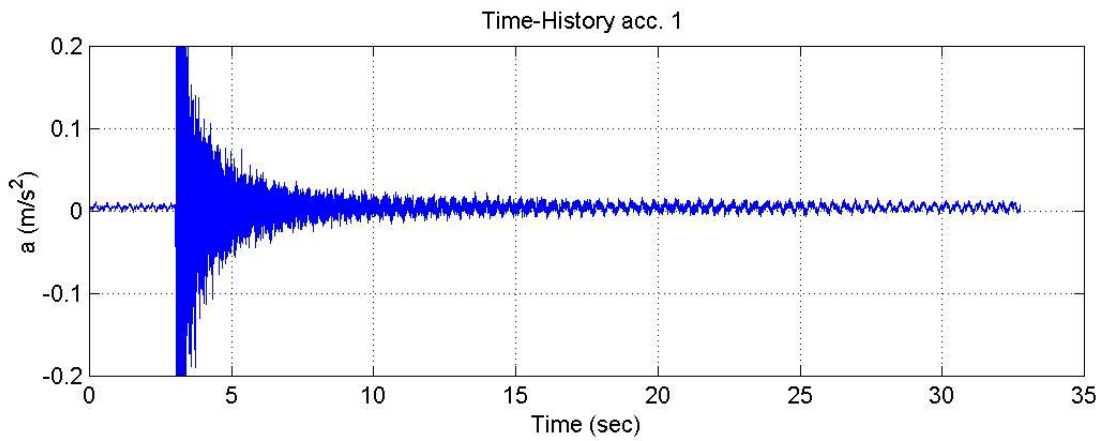
<b>SFORZO DI TRAZIONE</b>	<b>32.83 kN</b>
<b>TENSIONE</b>	<b>604.7 daN/cm<sup>2</sup></b>



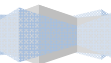
**CORPO B:PROVA 3B:CATENA 4**

LUNGHEZZA LIBERA CATENA	<b>19730 mm</b>
DIAMETRO	<b>25.58 mm</b>

*PROVA DINAMICA*



<b>FREQUENZA</b>	<b>2.56 Hz</b>
<b>TENSIONE</b>	<b>829.24 daN/cm2</b>
<b>SFORZO DI TRAZIONE</b>	<b>43.3 kN</b>





**CORPO B: PROVA 3b2:CATENA 4**

---

*PROVA STATICA*

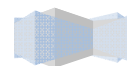
<b>CARICO [N]</b>	<b>FRECCIA [mm]</b>
0.0	0.00
49.0	7.10
98.0	14.89
147.0	22.39
98.0	14.92
49.0	7.11
0.0	0.00

**3) CASO DI VINCOLI COSTITUITI DA INCASTRO**

<b>SFORZO DI TRAZIONE</b>	<b>28.23 kN</b>
<b>TENSIONE</b>	<b>540.2 daN/cm<sup>2</sup></b>

**4) CASO DI VINCOLI COSTITUITI DA CERNIERE**

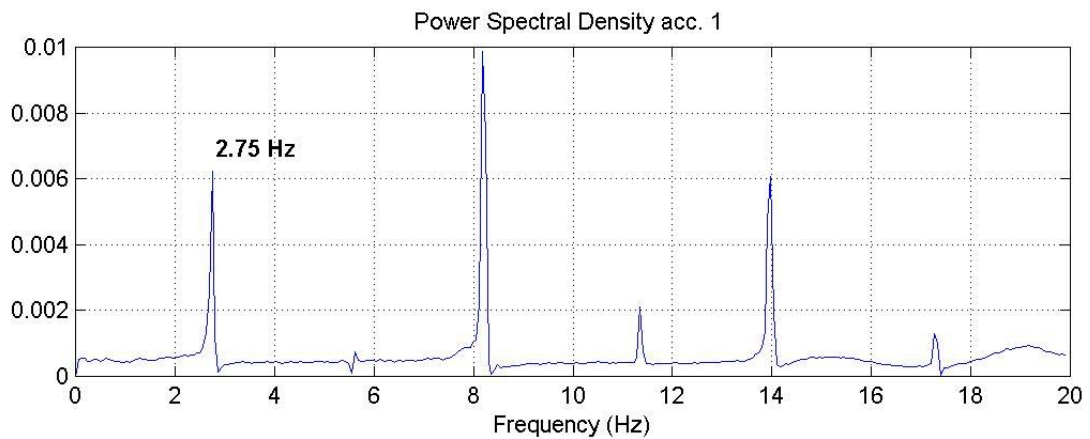
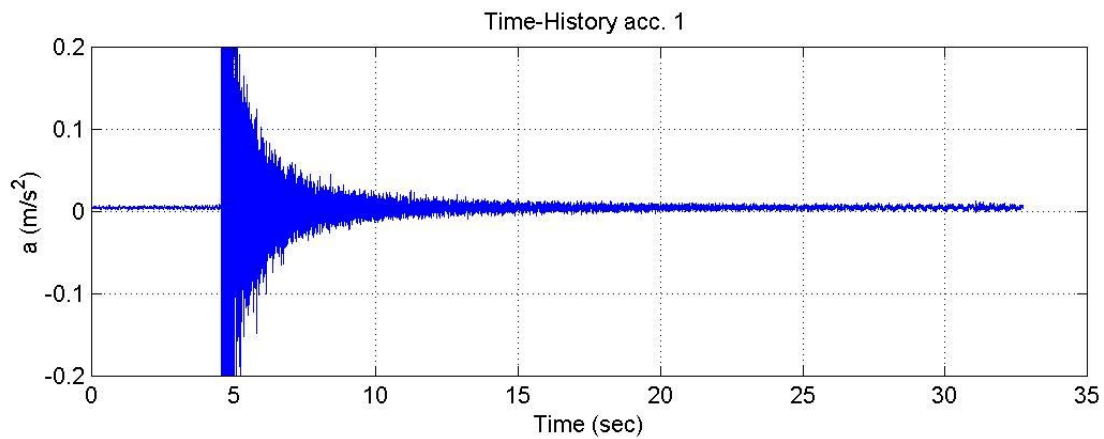
<b>SFORZO DI TRAZIONE</b>	<b>34.74 kN</b>
<b>TENSIONE</b>	<b>664.9 daN/cm<sup>2</sup></b>



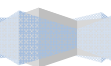
**CORPO B: PROVA 4a :CATENA 5**

LUNGHEZZA LIBERA CATENA	<b>19730 mm</b>
DIAMETRO	<b>27.12 mm</b>

*PROVA DINAMICA*

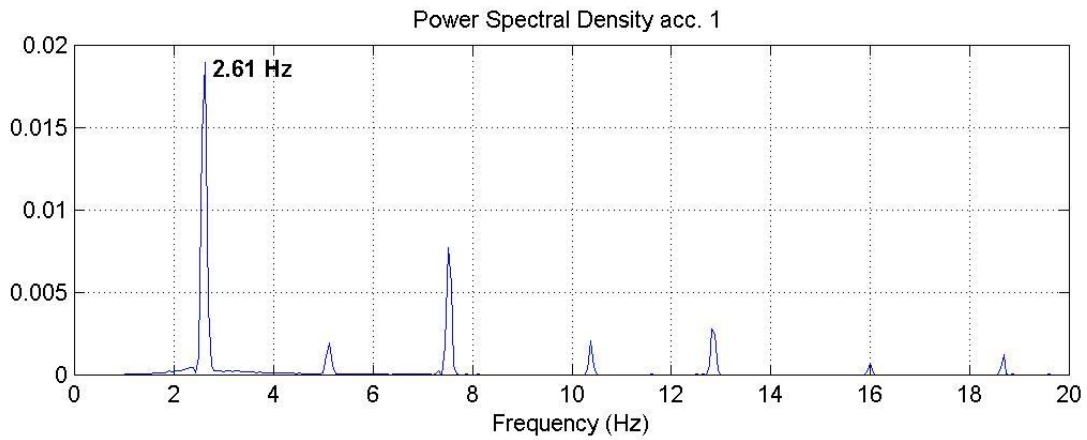
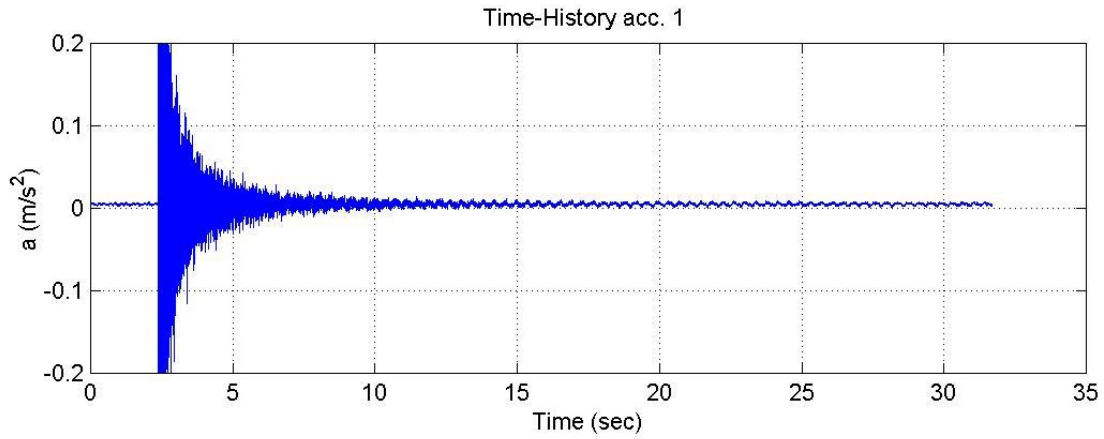


<b>FREQUENZA</b>	<b>2.7 Hz</b>
<b>TENSIONE</b>	<b>943.5 daN/cm2</b>
<b>SFORZO DI TRAZIONE</b>	<b>54.47 kN</b>

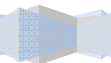


**CORPO B: PROVA 4b: CATENA 6**

LUNGHEZZA LIBERA CATENA	19730 mm
DIAMETRO	26.83 mm



<b>FREQUENZA</b>	<b>2.61 Hz</b>
<b>TENSIONE</b>	<b>849.8 daN/cm<sup>2</sup></b>
<b>SFORZO DI TRAZIONE</b>	<b>48.02 kN</b>

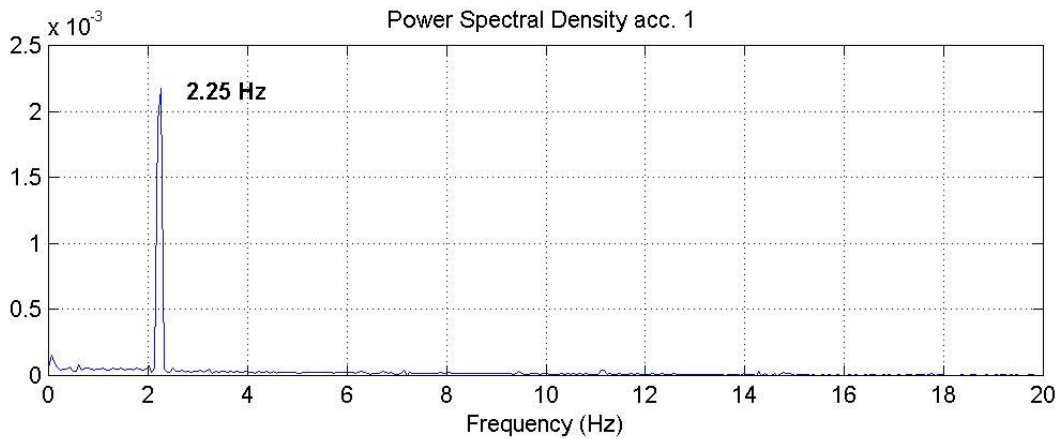
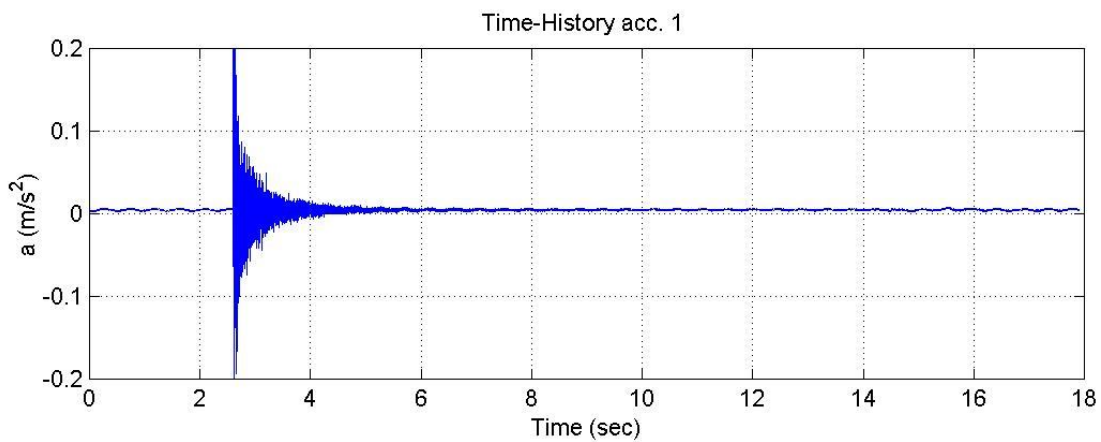


**CORPO B: PROVA 5 a 2:CATENA 7**

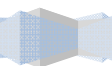
LUNGHEZZA LIBERA CATENA	XXXXX mm
DIAMETRO	30.80 mm

La Prova è stata eseguita prima dello sgancio dei tirantini verticali e sollecitando la catena con impulso orizzontale

*PROVA DINAMICA*



<b>FREQUENZA</b>	<b>2.25 Hz</b>
<b>TENSIONE</b>	<b>631.3 daN/cm2</b>
<b>SFORZO DI TRAZIONE</b>	<b>47.01 kN</b>

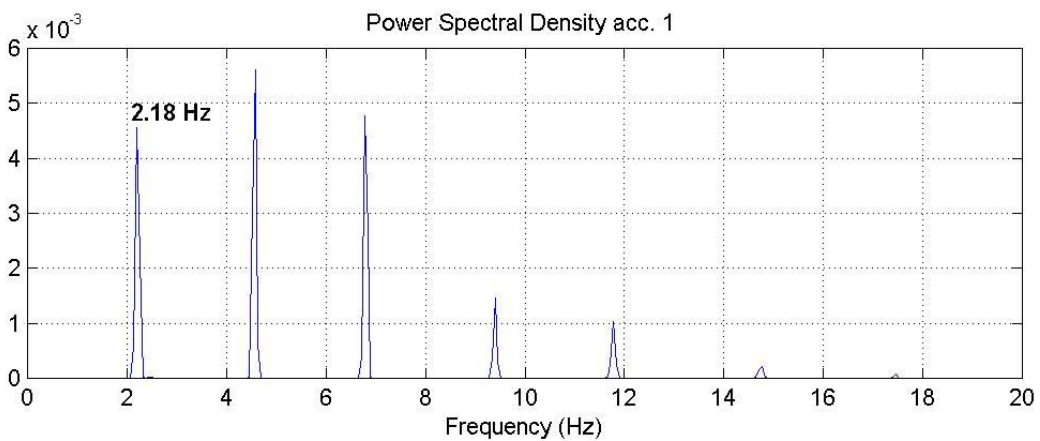
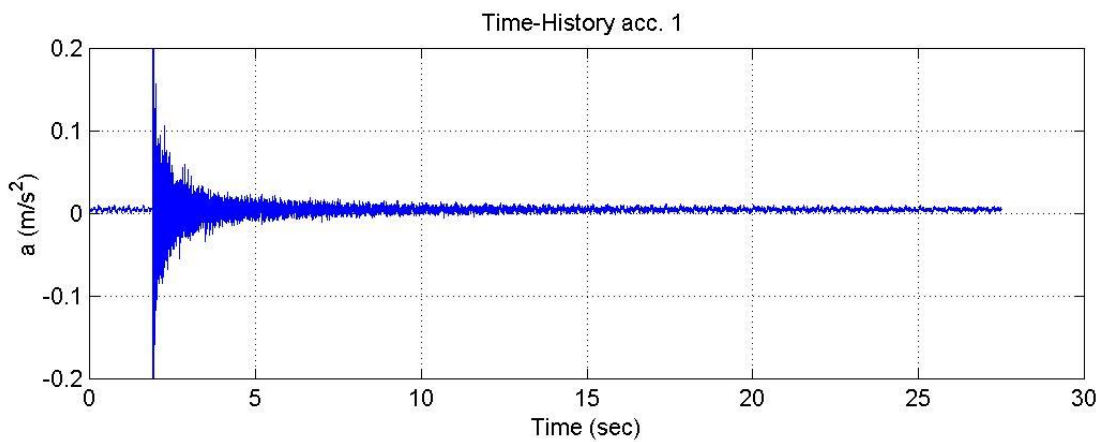


**CORPO B: PROVA 5 a: CATENA 7**

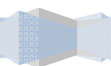
LUNGHEZZA LIBERA CATENA	19725 mm
DIAMETRO	30.08 mm

La Prova è stata eseguita dopo lo sgancio dei tirantini verticali e sollecitando la catena con impulso orizzontale

*PROVA DINAMICA*



<b>FREQUENZA</b>	<b>2.18 Hz</b>
<b>TENSIONE</b>	<b>592.58 daN/cm2</b>
<b>SFORZO DI TRAZIONE</b>	<b>44.13 kN</b>

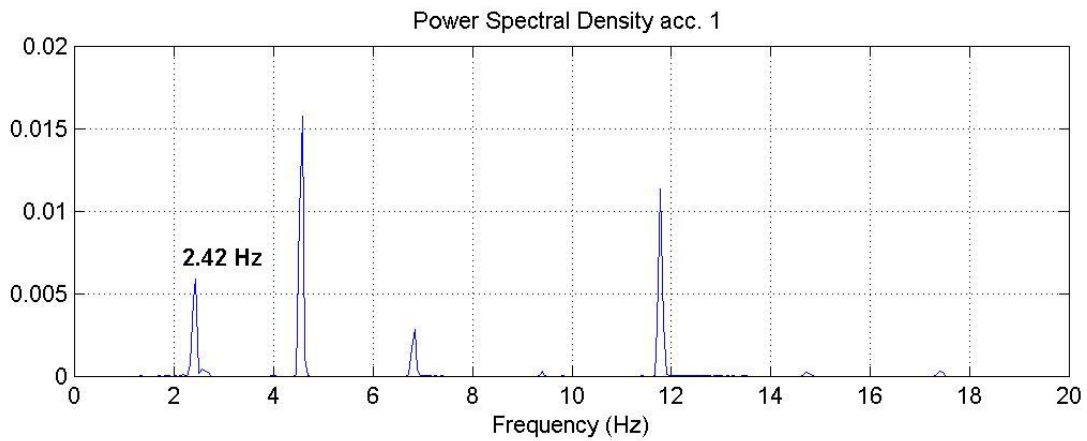
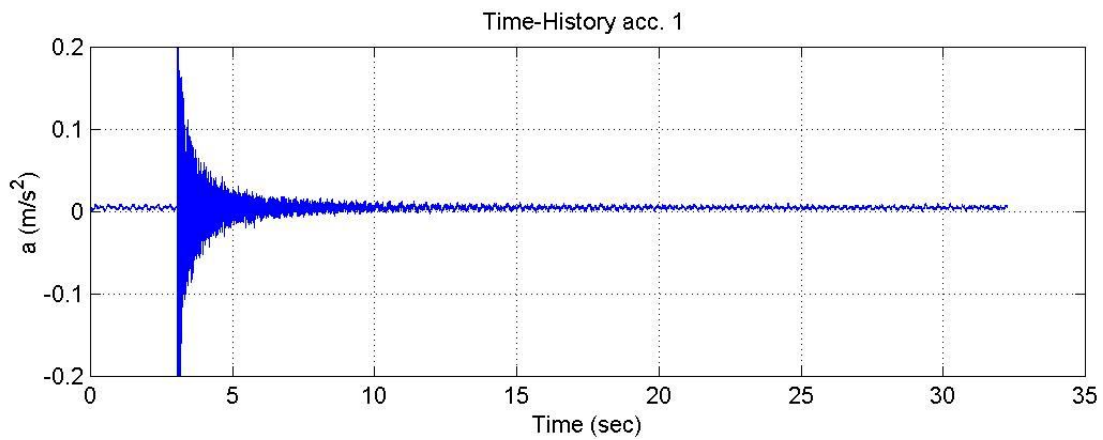


**CORPO B: PROVA 5 a 3 :CATENA 7**

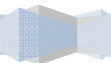
LUNGHEZZA LIBERA CATENA	19725 mm
DIAMETRO	30.80 mm

La Prova è stata eseguita dopo lo sgancio dei tirantini verticali e sollecitando la catena con impulso verticale.

*PROVA DINAMICA*



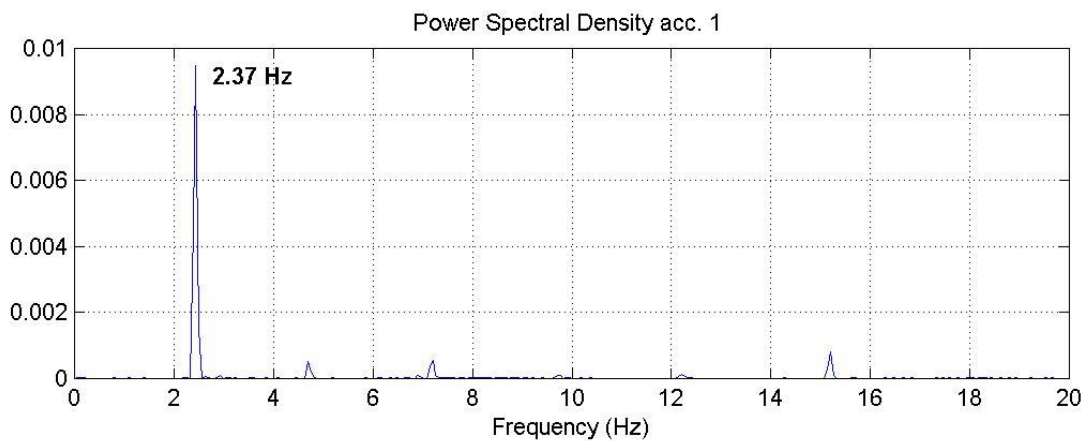
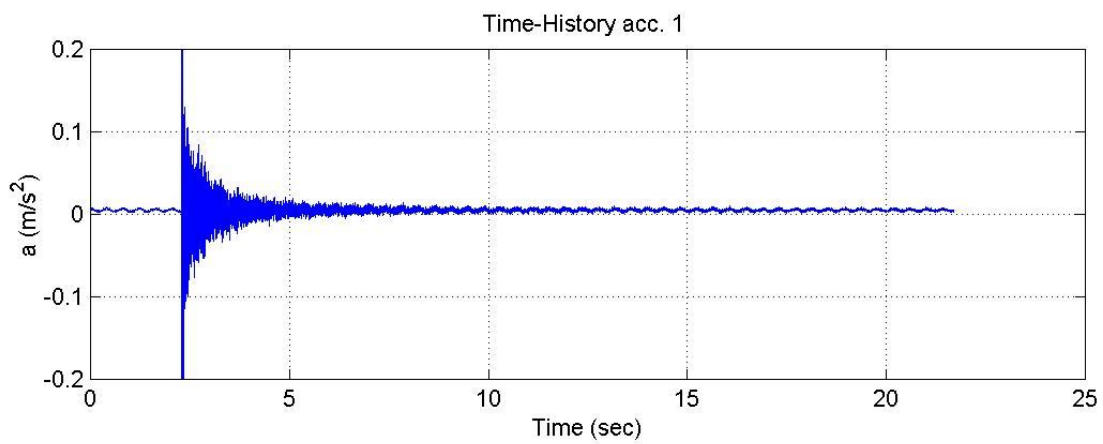
<b>FREQUENZA</b>	<b>2.42 Hz</b>
<b>TENSIONE</b>	<b>730.3 daN/cm<sup>2</sup></b>
<b>SFORZO DI TRAZIONE</b>	<b>54.38 kN</b>



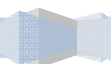
**CORPO B: PROVA 5 b:CATENA 8**

LUNGHEZZA LIBERA CATENA	19720 mm
DIAMETRO	29.71 mm

*PROVA DINAMICA*



<b>FREQUENZA</b>	<b>2.37 Hz</b>
<b>TENSIONE</b>	<b>700.02 daN/cm2</b>
<b>SFORZO DI TRAZIONE</b>	<b>48.47 kN</b>



## 7. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

CORPO A

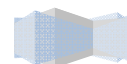
AREA 1-COPPIA DI CATENE CENTRALI



Figura 1 Prova 1 catena "1" diametro 26 mm



Figura 2 Prova 2 catena "2" diametro 31 mm



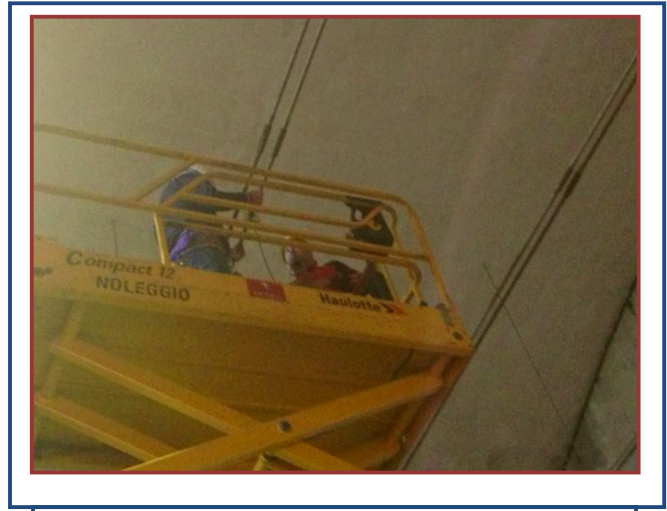


CORPO B:

AREA 2-TERZA COPPIA DI CATENE da "muro dx"



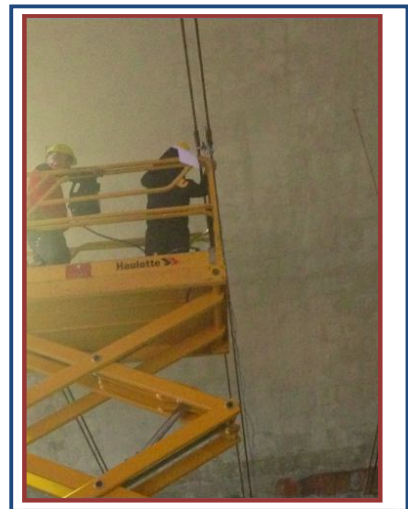
**Figura 4 Prova 3a catena "3" diametro 26mm**



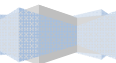
**Figura 3 Prova 3b catena "4" diametro 26mm**



**Figura 6 Prova 3a2 statica catena "3" diam. 26mm**

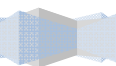


**Figura 5 Prova 3b2 catena "4" diam. 26mm**





**Figura 7 Prova 4/4b catena "5" e "6"  
diam 27-26 mm**



**FORNITURA DI SERVIZI TECNICI DI LABORATORIO FINALIZZATI ALLE  
INDAGINI PER VERIFICHE SISMICHE**

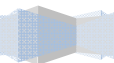
**SULL'ARCHIVIO STORICO DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA**

**SAN GIORGIO DI PIANO (BO)**



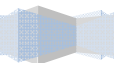
**COMMITTENZA:** REGIONE EMILIA ROMAGNA – SERVIZIO PATRIMONIO

Il Direttore Tecnico:



## Sommario

PREMESSA .....	3
1.INDAGINI ESEGUITE .....	4
1.1PROVA SCLEROMETRICA .....	4
1.2PROVA PACOMETRICA .....	6
1.3 PROVA DI CAROTAGGIO .....	7
1.4 PROVA DI COMPRESSIONE .....	11
2 LOCALIZZAZIONE INDAGINI ESEGUITE .....	12
3 RISULTATI DI PROVA.....	13
4.FOTO DI PROVA .....	16



## PREMESSA

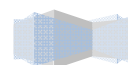
La presente relazione espone i risultati delle *Indagini per verifiche sismiche* effettuate dalla Società Geotecnica srl il 17 dicembre 2013 sull'Archivio Storico della Regione Emilia Romagna, sito in San Giorgio di Piano (BO) Via Marconi n. 3-5-7. Tale incarico è stato commissionato alla scrivente dal Responsabile del Servizio Patrimonio della Regione Emilia Romagna con ordine n. 1301235 del 27/11/2013 - CIG X8C0C32261.

Le indagini suddette sono finalizzate alla determinazione del tipo di attacco presente nella struttura, con la definizione della tipologia di piastra o gancio (anello) presente all'estremità esterna della catena tipo indagata.

Hanno assistito alle prove i signori:

Dott. Ing. Stefano Silvestri	DICAM Dipartimento di ingegneria civile, ambientale e dei materiali
Dott. Arch. Annagrazia Fabrocile	Responsabile laboratorio Geotecnica srl

I test sono stati eseguiti da tecnico qualificato del laboratorio Geotecnica srl, autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti con n°11736.



## 1.INDAGINI ESEGUITE

L'indagine conoscitiva è stata condotta attraverso la scelta di una coppia di catene tipo, di conseguenza di attacco tipo, assumendo come ipotesi l'identità degli attacchi alle estremità di ogni catena dei due Corpi (A-B), che è ricaduta sulla coppia centrale (su cui sono state condotte nel precedente incarico prove vibrometriche) del CORPO B.

La determinazione del tipo di attacco presente alle estremità delle catene della struttura oggetto di indagine è stata condotta attraverso saggi demolitivi, effettuati in quota sia dall'interno che dall'esterno della struttura.

Sono stati eseguiti:

- CONTROLLI DI TIPO NON DISTRUTTIVO, quali: Prove sclerometri che, Prove pacometriche;
- CONTROLLI DISTRUTTIVI, quali Carotaggi meccanici, con relativo schiacciamento di campione in laboratorio.

### 1.1PROVA SCLEROMETRICA

- **Scopo**

Scopo della prova è la determinazione dell'indice sclerometrico (o di rimbalzo) in una zona di calcestruzzo indurito, confezionato con aggregati ordinari. L'indagine sclerometrica viene effettuata *in situ* per valutare l'omogeneità del calcestruzzo.

- **Norma di riferimento**

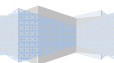
La norma di riferimento seguita è la UNI EN 12504-2

- **Modalità Esecutive**

- Si sceglie della superficie di prova

Le parti di calcestruzzo da sottoporre a prova devono avere uno spessore di almeno 150 mm; devono essere scelte zone che non presentino nidi di ghiaia, scalfitture, tessitura superficiale grossolana, porosità elevata e zone con assenza di ferro.

- Preparazione delle superfici di prova





La circonferenza ideale che delimita la superficie di prova deve avere un diametro compreso tra 150 e 300 mm; se la zona è intonacata bisogna provvedere alla sua rimozione, e le eventuali superfici con tessitura grossolana vanno pulite con pietra abrasiva.

➤ **Accertamento dello stato di taratura dello sclerometro:**

Si accerta che lo sclerometro posto in verticale a contatto con l'incudine di taratura presenti un indice di rimbalzo pari a  $80 \pm 2$

➤ **Lo sperimentatore posiziona lo strumento da norma perpendicolarmente alla superficie di prova, in questo caso lo sclerometro è stato utilizzato in posizione inclinata a 45° dal basso verso l'alto, aumenta gradualmente la pressione sul martello fino a produrre l'urto.**

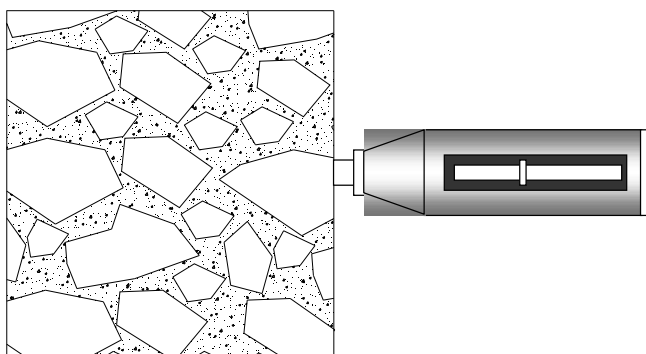
➤ **Legge, quindi, sulla scala graduata l'indice di rimbalzo e lo annota**

➤ **Ripete le operazioni sulla superficie per 12 volte onde ottenere almeno 10 risultati significativi.**

➤ **Trascrive i dati delle prove effettuate escludendo dalla media il più alto ed il più basso.**

• **Riferimenti teorici**

Le prove sclerometriche consentono di individuare la resistenza del materiale corredandola, attraverso curve standard, con l'entità del rimbalzo di una massa battente e quindi con la durezza superficiale del materiale. Con tale metodo non si ottengono informazioni sullo stato del conglomerato che si trova ad una profondità superiore a 3 cm. I risultati della prova sono pertanto influenzati dalle proprietà locali dello strato superficiale fornendo dati inesatti se questo si presenta degradato.

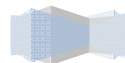


Particolare attenzione deve essere posta nella scelta del punto di battuta.

Ad esempio su un cls a dosaggio lo sclerometro può facilmente battere direttamente su un inerte di grossa pezzatura (30 o 40).

Di conseguenza si ottiene un valore elevato dell'indice rimbalzo ( 38 - 42 ) contro un

valore tipico pari a 30 - 34. Le letture utili alla media aritmetica sono 10, quindi se ne effettuano 12 onde scartare la massima e la minima. Lo strumento consiste in un'asta, che premuta contro la superficie in esame carica una molla, sulla quale si sgancia una massa battente. Conseguentemente



al colpo, tale massa rimbalza trascinando un indice che misura la durezza superficiale del materiale indicando un valore di riferimento nell'apposita scala.

- **Apparecchiatura**

Sclerometro Original Schmidt modello N che permette di valutare le caratteristiche qualitative e di resistenza alla compressione del calcestruzzo con un range da 10 a 70 N/mm<sup>2</sup>.



Fig.1 sclerometro



Fig.2 incudine di taratura

I valori di rimbalzo vengono letti da una scala grafica per calcolare successivamente la media. I valori di resistenza alla compressione si possono estrarre da una curva di correlazione.

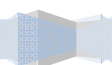
## 1.2 PROVA PACOMETRICA

- **Scopo**

Si tratta di un metodo di indagine non distruttiva che, a mezzo di uno strumento portatile transistorizzato, consente di indagare su posizione, direzione e numero delle barre di armatura, valutando il diametro e distinguendo tra barre principali e secondarie con approssimazioni del +/- 10%.

- **Modalità Esecutive**

- Si sceglie la zona da indagare
- Si ipotizza un copriferro di base
- Si fa scorrere la sonda sulle parti attendendo che dal display un segnale acustico segnali la presenza di armatura
- Si rallenta la velocità di scorrimento e si prosegue fino a centrare la posizione della barra
- Si segna il diametro della barra.



- **Apparecchiatura**  
Pacometro Hilti PS30

### 1.3 PROVA DI CAROTAGGIO

- **Scopo**

La presente prova è specifica nel prelievo di carote di calcestruzzo indurito e contempla l'esame, la preparazione e la determinazione della resistenza alla compressione.

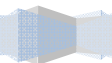
- **Norma di riferimento**

La norma di riferimento seguita è la UNI EN 12504-1, UNI EN 12390/3.

- **Modalità Esecutive**

*Prelievo*

- Prima del carotaggio, considerare qualsiasi implicazione strutturale derivante dal prelievo di una carota.
- La posizione di prelievo viene definita preferibilmente in punti lontano da giunti o bordi dell'elemento di calcestruzzo e in cui sia presente poca o nessuna armatura.
- Si sceglie il diametro della carota in rapporto alla dimensione massima dell'aggregato presente nel calcestruzzo (influenza significativamente la resistenza misurata, quando si avvicina a valori maggiori di 1:3 circa).
- Si sceglie la lunghezza delle carote, considerando:
  - a) il diametro della carota;
  - b) il metodo di rettifica applicabile;
  - c) se il confronto deve essere effettuato con resistenza cubica o resistenza cilindrica.
- Se non diversamente specificato, il carotaggio viene eseguito perpendicolarmente alla superficie ed in modo da non danneggiare le carote. La carotatrice viene rigidamente posizionata durante il carotaggio.
- Assicurarsi che le carote non contengano alcuna barra di armatura che sia parallela, o pressoché parallela, al loro asse longitudinale.
- Immediatamente dopo il carotaggio si marca in modo chiaro e indelebile ciascuna carota registrandone la posizione e l'orientamento all'interno dell'elemento dal quale è stata prelevata. Se una carota viene successivamente tagliata per creare un certo numero di provini,



ciascun provino viene marcato indicando posizione e orientamento all'interno della carota originale.

#### *Esame*

- Effettuare un esame visivo della carota per identificare eventuali anomalie.
- Si misura diametro, altezza e l'eventuale presenza di armatura.
- Si controlla planarità, perpendicolarità, rettilineità.

- **Apparecchiatura**

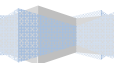
CAROTATRICE HILTI, Modello DD200, con telaio DD HD-30, con sistema di raccolta acqua, capace di assicurare una profondità di perforazione massima senza prolunga pari a 500mm.

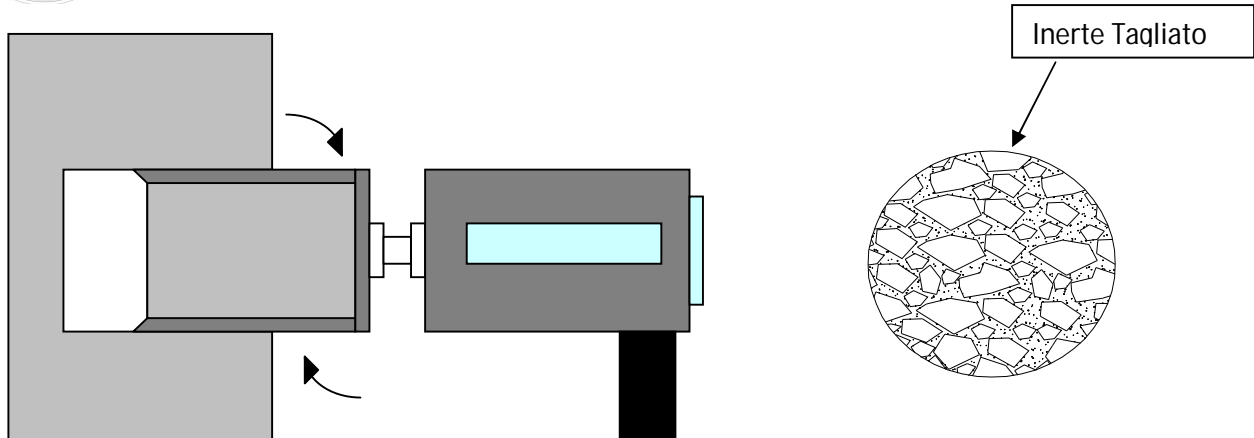


- **Riferimenti teorici: Valutazione della resistenza cubica del calcestruzzo da quella cilindrica determinata da prove su carote.**

I risultati forniti dal carotaggio non coincidono, in genere, con quelli che si otterrebbero con prove condotte sui cubi confezionati durante il getto delle strutture.

I danni prodotti dall'estrazione sul campione stesso da sottoporre a prova sono legati al valore della coppia torcente esercitata dal meccanismo di prelievo, alla direzione di perforazione, all'età di stagionatura ed alle dimensioni dell'inerte (in particolare alla numero di tagli che subisce l'inerte stesso).





La letteratura tecnica più recente consiglia di adottare una delle seguenti relazioni:

$$1. \quad R_{ck1} = \frac{K_a \cdot \phi \cdot \psi}{1.5 + \frac{1}{n}} \cdot f_{Carota}$$

$$2. \quad R_{ck2} = \frac{f_{Carota}}{(n-1) \cdot 0.83 - (n-2)} \quad \text{NTC 11.2.6 integrato C11.2.6}$$

$$3. \quad R_{ck3} = \frac{F_{l/d} \cdot F_{dia} \cdot F_{mc} \cdot F_d}{0.85} \cdot f_{Carota} \quad \text{A.C.I. 214. 4R-03 (2003)}$$

$$4. \quad R_{ck4} = \frac{1 + 0.25 \cdot (n-1)}{0.85} \cdot f_{Carota} \quad \text{Linee Guida anno 2008 - Consiglio Sup. sui Lavori Pubblici}$$

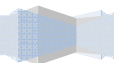
$$5. \quad R_{ck5} = \frac{0.83 \cdot (f_{Carota})^{1.10}}{c} \quad \text{N. Augenti (2003)}$$

Un buon valore è dato dalla media dei 5 risultati

$$\frac{R_{ck1} + R_{ck2} + R_{ck3} + R_{ck4} + R_{ck5}}{5}$$

In queste relazioni i simboli adoperati rappresentano:

- $K_a$  = Coefficiente che tiene conto della direzione di perforazione  
 $K_a = 2.00$  per perforazioni orizzontali  
 $K_a = 1.84$  per perforazioni verticali
- $\phi$  = Coefficiente di passaggio dal valore cilindrico della resistenza a quello cubico per effetto forma (è funzione della stessa resistenza)



R'carota	$\phi$
150	1.28
200	1.25
250	1.20
300	1.17
350	1.14
400	1.13
450	1.11
500	1.10

- $\psi$  = Coefficiente di compattazione del conglomerato  $\psi = 1.5$
- $n$  = Rapporto tra altezza e diametro  $n = \frac{H}{D}$
- $F_{1/d}$  = Fattore che tiene conto del rapporto  $n=h/d$  tramite la seguente relazione che coinvolge pure la resistenza:  $F_{1/d} = 1 - (0.3 - 4.3 \cdot 10^{-4} \cdot f_{carota}) \cdot (2 - n)^2$
- $F_{dia}$  = Fattore legato al diametro del provino:

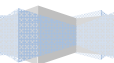
Diametro	$F_{dia}$
50	1.06
150	1.00
200	0.98

- $F_{mc}$  = Fattore legato alle condizioni di umidità del provino:

$F_{mc}$	Condizioni del provino
0.98	provino asciutto
1.00	provino chiuso in busta
1.09	provino messo in acqua per 48h

- $F_d$  = Coefficiente di disturbo arrecato al campione  $F_d = 1.06$
- $c$  = Coefficiente che tiene conto dell'influenza delle dimensioni del provino:

$n$	$c$
1	0.92
2	1.00



## 1.4 PROVA DI COMPRESSIONE

- **Scopo**

Scopo della prova è la determinazione del valore di rottura a compressione su provini di conglomerato cementizio indurito prelevati da edifici esistenti

- **Norma di riferimento**

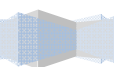
La norma di riferimento seguita è la UNI EN 12390-3

- **Apparecchiatura**

- Rettificatrice
- Zolfo per cattura
- Calibro
- Bilancia
- Pressa di idonea portata

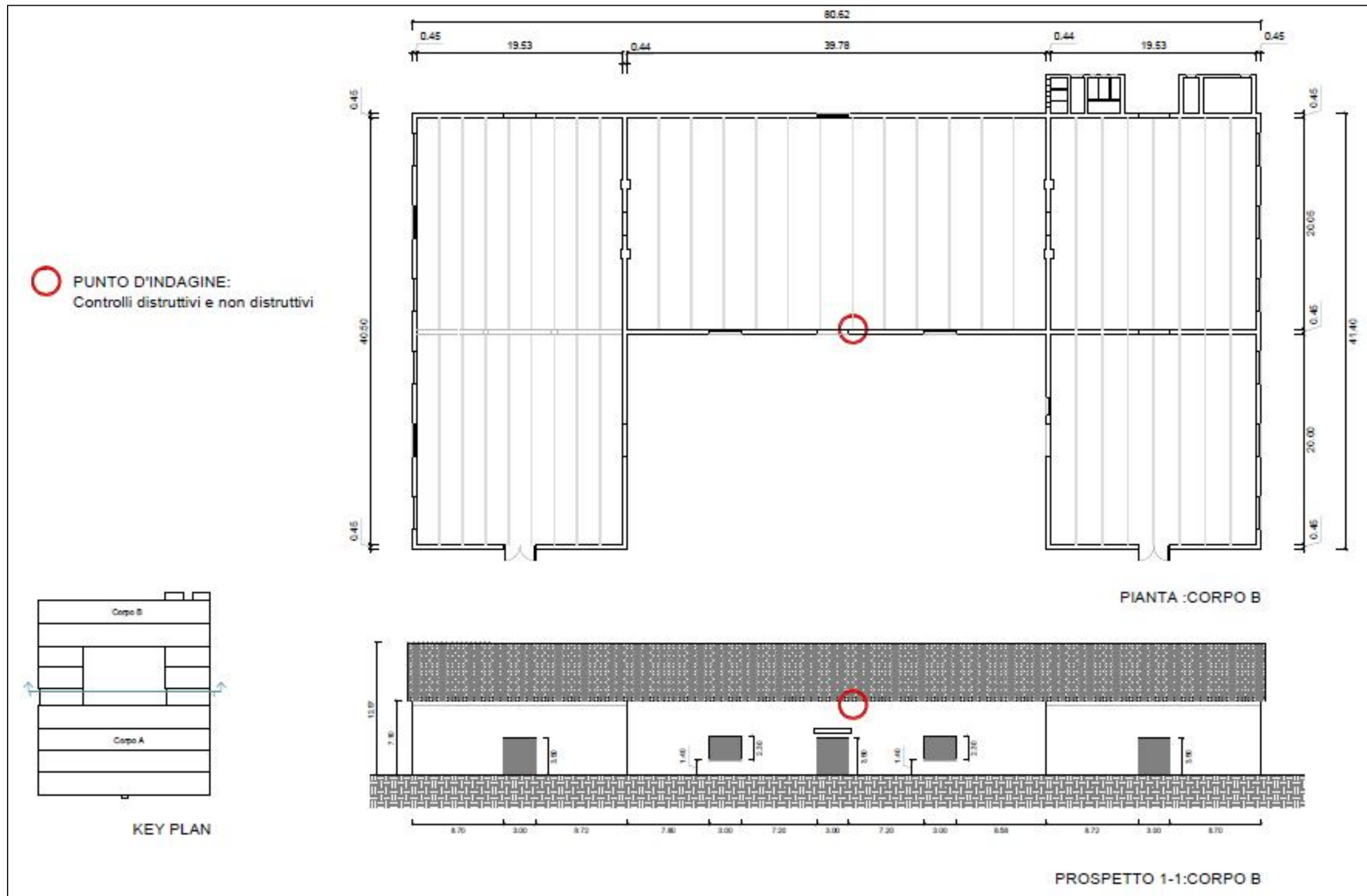
- **Metodologia**

La prova di compressione viene eseguita su campioni cilindrici ricavati mediante operazione di carotaggio da edifici esistenti; preliminarmente alla fase di schiacciamento i campioni sono sottoposti a rettifica e cattura.





## 2 LOCALIZZAZIONE INDAGINI ESEGUITE

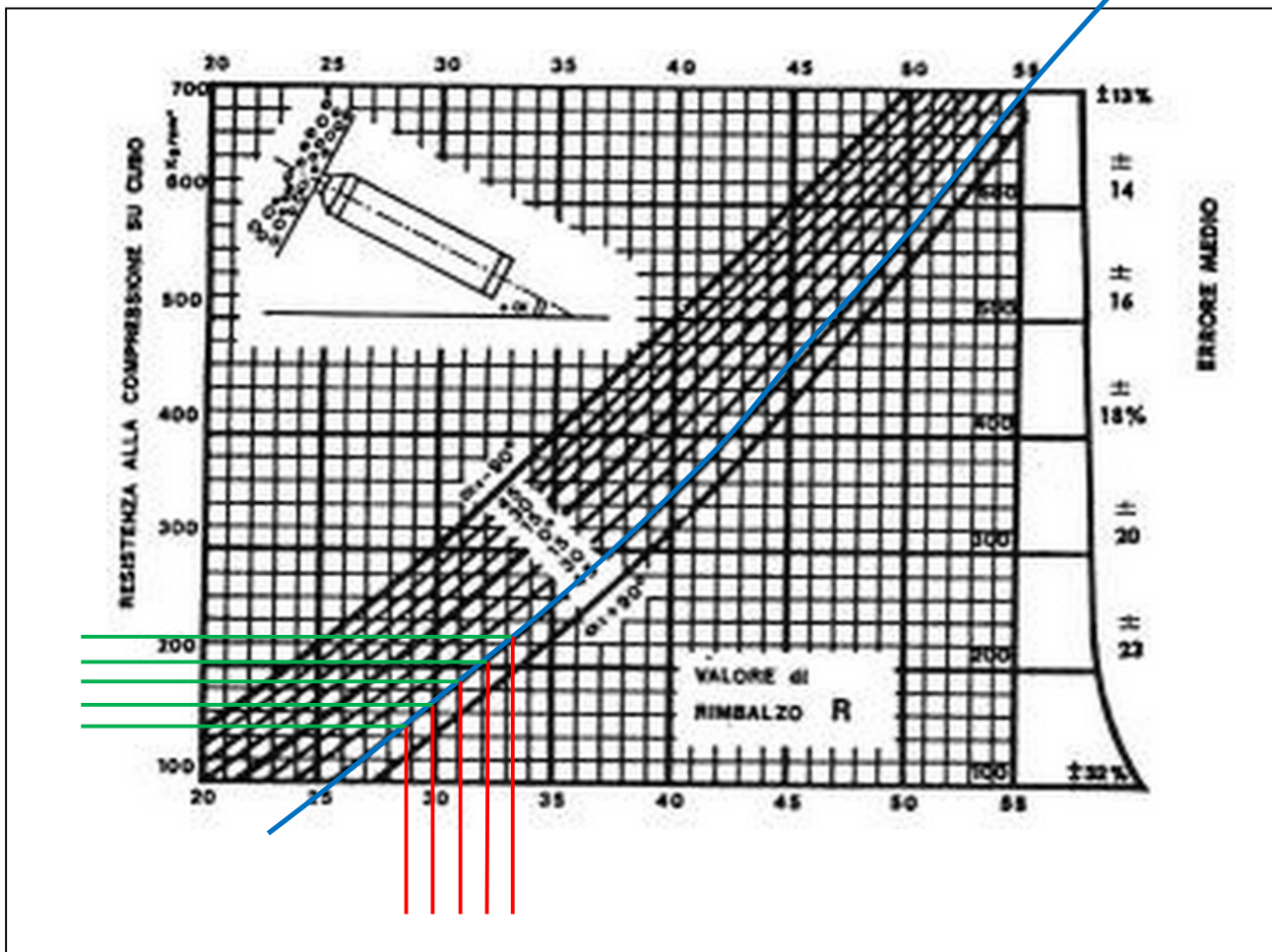


### 3 RISULTATI DI PROVA

Le battute sclerometri che eseguite, come su detto, **in posizione inclinata a 45° dal basso verso l'alto**, sono le seguenti:

n° battuta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Valore medio
valore battuta	29	31	31	29	31	32	29	32	30	33	26	33	30,7
valore battuta N/mm <sup>2</sup>	15,5	18,2	18,2	15,5	18,2	20,0	15,5	20,0	16,5	22,0	MIN	MAX	18,0

\* le battute sclerometriche sono state eseguite con inclinazione di 45° dal basso verso l'alto.



DIVISIONE "CLS"                      PROVA A COMPRESSIONE                      UNI EN 12390-3 DM 14.01.2008

Sala Bolognese                      18/12/2013                      Certificato n°                      541

Accettazione del                      17/12/2013                      Numero                      1042

Committente/Richiedente:                      Regione Emilia Romagna - Servizio Patrimonio

Indirizzo:                      Viale Aldo More,38 -40127 Bologna

Oggetto dei Lavori:                      Fornitura di servizi tecnici di laboratorio sui materiali da costruzione per le verifiche sismiche dell'archivio di S. Giorgio di Piano

Responsabile Area Tecnica                      ing. Giuseppe Simoni

Contratto:                      ORDINE N. 1301235 - CIG: X8C0C32261

Prova richiesta:                      Compressione  
 Apparecchiatura di Prova:                      Pressa Tecnotest da 3000 kN, matricola n.1620, taratura del 29/04/2013 certificato n. 82/B/13

Indicazione del materiale:                      N.                      1

Codice Prelievo	Parte d'opera	Data prelievo dich.
C1	Cordolo di calcestruzzo	17/12/2013

Classe di resistenza dichiarata dal Richiedente:                      Rck                      n.d.                      N/mm<sup>2</sup>

**RISULTATI DELLE PROVE**

Codice Prelievo	Dimensioni		Area di carico (mm <sup>2</sup> )	Peso (kg)	Massa Volumica (kg/m <sup>3</sup> )	Carico di rottura (kN)	Tensione di rottura (N/mm <sup>2</sup> )	Data di prova (gg/mm/aa)	Tipo di rottura (*)	Rettifica (**)	Carbonat. (mm)
	D (mm)	L (mm)									
C1	92	156	6647,4	1,555	1500	132,0	19,86	18/12/2013	s	si	n.d.

(\*) : s) rottura soddisfacente; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) rottura non soddisfacente.

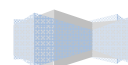
(\*\*) : "si" il provino è stato rettificato; "no" il provino è conforme alla norma.

Note : La richiesta di prova è stata sottoscritta dal direttore dei lavori:                      si                       no

I campioni testati vengono conservati in laboratorio per 20 giorni successivi alla data di certificazione.

Lo Sperimentatore  
(Luciano Failla)

Il Direttore del Laboratorio  
(Arch. Annagrazia Fabrocile)



L'indagine diretta, dall'interno e dall'esterno della struttura ha evidenziato:

- che non è presente alcuna piastra di fissaggio all'estremità della catena;
- sono presenti tondini lisci di acciaio Ø 18mm ortogonali al verso della catena;
- è presente una staffa liscia Ø 5mm sagomata all'interno della trave;
- sono presenti 3 staffe lisce Ø 5 mm che raccordano la coppia di catene;
- la trave, segue la forma della modanatura e non poggia sulla fila esterna di mattoni rossi;
- la catena Ø 29 mm "gira" intorno al tondino liscio di acciaio Ø 18mm (presumibilmente anche una seconda volta). (Fig.3)

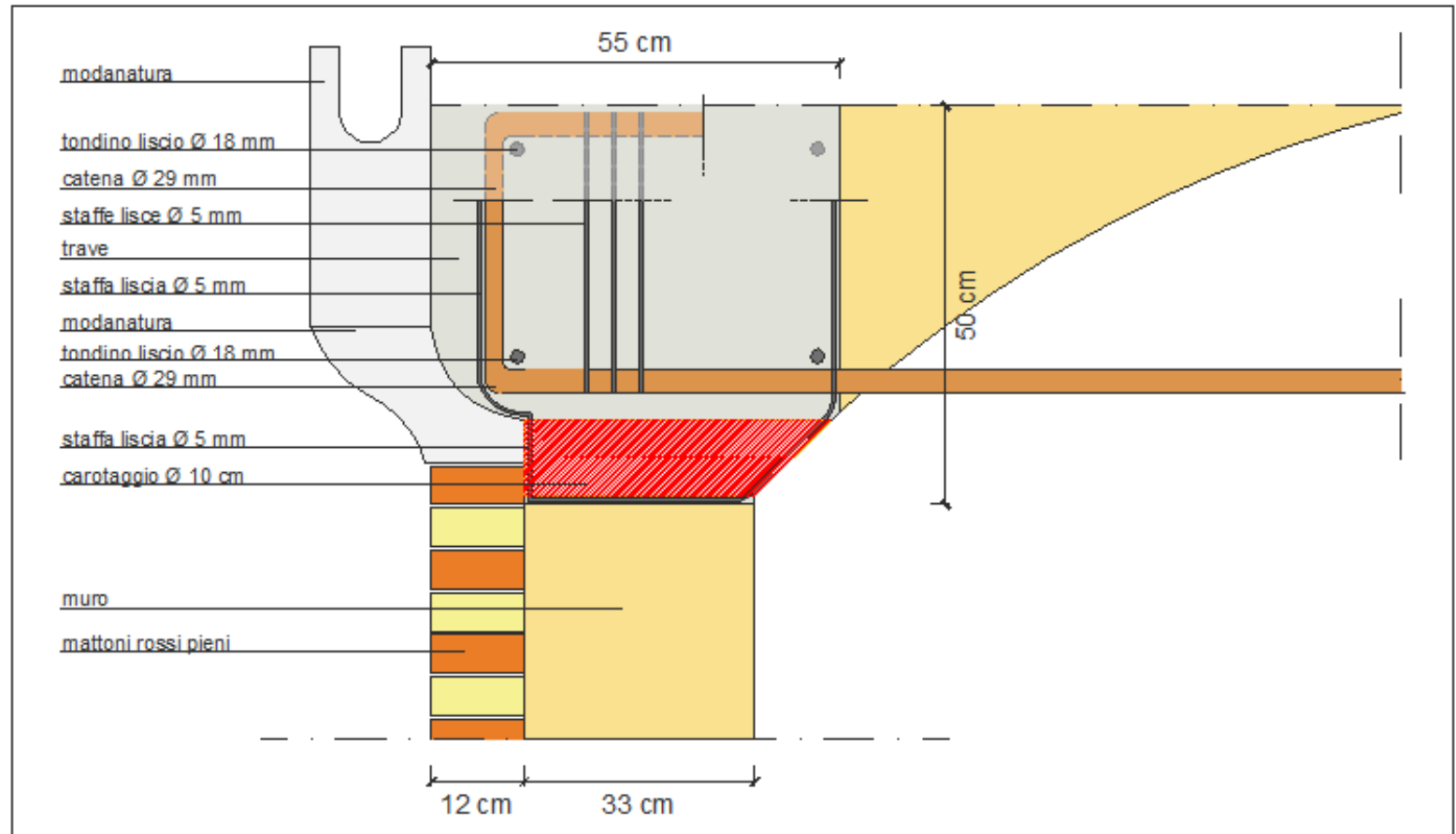


Fig.3



#### 4.FOTO DI PROVA



Foto 1: Prova su catena: ispezione dall'interno



Foto 2: Prova su catena: ispezione dall'interno

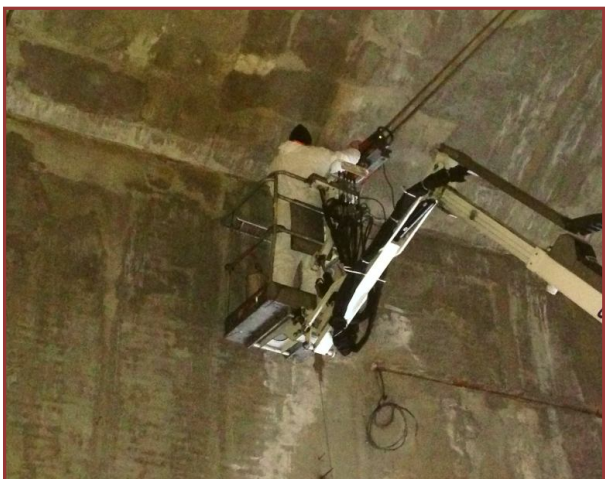


Foto 3: Prova su catena: carotaggio



Foto 4: Prova su catena :carotaggio



Foto 5: Prova su catena: foro carota diametro 10 cm



Foto 6: Prova su catena: foro carota diametro 10 cm





Foto 7: Prova su catena: foro carota diam. 10 cm



Foto 8: Prova su catena: foro carota diam. 10 cm



Foto 9: Prova su catena: indagine esterna



Foto 10: Prova su catena: indagine esterna



Foto 11-12-13: Prova su catena: indagine esterna misurazioni

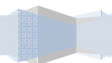






Foto 14: Prova su catena: indagine esterna misurazioni



Foto 15: Prova su catena: indagine esterna

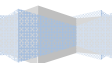




Foto 16:carota C1



Foto 17:compressione carota C1

