IL RESPONSABILE DELL'AREA TECNICA: ARCH. PIERPAOLA ARCHINI

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: GEOM. FABIO MORASCHETTI

SCUOLA SECONDARIA - MEDIA: INTERVENTI ANTISISMICI E DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA

Comune di Cazzago San Martino - CUP H76C18001150005

CAPOGRUPPO

poolmilano

Professionisti Srl

DELTA PROJECT s.r.l.

Geologo
dott. Salvatore A.
De Pascalis

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE SULLE INDAGINI CONOSCITIVE

CODICE ELABORATO	PROGRESSIVO	REVISIONE	FASE	TIPO	ARGOMENTO	NUMERO	SCALA
	06	00	PE	RL	P	02	-
DATA	CODICE COMMESSA		REDATTO		VERIFICATO		APPROVATO
Luglio 2019	18-020		ST		SM		MB

RESPONSABILE INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE	PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA	PROGETTAZIONE STRUTTURALE	PROGETTAZIONE IMPIANTISTICA	COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE PROGETTUALE
ARCH. MASSIMILIANO BARUFFI	ARCH. MASSIMILIANO BARUFFI	ARCH. MASSIMILIANO BARUFFI	ING. ALBERTO CARSANA	GEOM. FABIANO FAINI

Emissione / revisione	Data	Riferimento emissione / revisione
00	Luglio 2019	Emissione per Progetto Esecutivo

RELAZIONE TECNICA

REL_PST_0008-19_rev5.docx

Del 21.02.2019

OGGETTO:

Rilievo dello stato di fatto geometrico, fisico e materico delle strutture per la verifica statica e sismica di edificio ad uso scolastico.

COMMITTENTE:

AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI CAZZAGO (BS)

PROPRIETA':

COMUNE DI CAZZAGO SAN MARTINO (BS)

LOCALITA':

VIA PADRE GIULIO BEVILACQUA – CAZZAGO S. MARTINO (BS)

RIFERIMENTI:

- Visita di sopralluogo effettuata in data 07-02-2019
- Documentazione fotografica

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI LECCO
DOTT. ING. NICOLA BRINI
Sez. A Settori: a) civile e ambientale
n° A625

INDICE

INTRODUZIONE ***4***
PREMESSA 4
DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE 4
RELAZIONE TECNICA ***5***
RILIEVO DIRETTO 5
INDAGINE PACOMETRICA 5
PROVE DI CARBONATAZIONE 7
PROVE DUROMETRICHE 8
PRINCIPIO DEL METODO - PROCEDIMENTO VICKERS 8
PRECISIONE 8
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA: 9
PROVE SCLEROMETRICHE SU CALCESTRUZZO 9
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA: 10
PULL-OUT TEST - DETERMINAZIONE DELLA FORZA DI ESTRAZIONE 10
PRELIEVO DI CAROTE E PROVE DI COMPRESSIONE 11
INDAGINE GEORADAR 11
STRUMENTAZIONE 12
RISULTATI DELLE INDAGINI ***13***
LOCALIZZAZIONE INDAGINI 14
RISULTATI PROVE SCLEROMETRICHE 23
ESITO DELLE PROVE DI COMPRESSIONE SU CAROTE DI CALCESTRUZZO 26
RISULTATI INDAGINE GEORADAR 30
CONCLUSIONI ***38***
ALLEGATO 1 ..... ***40***
GRAFICI INDAGINI PACOMETRICHE 40
ALLEGATO 2 ..... ***43***
GRAFICI INDAGINI SCLEOMETRICHEICHE 43

INTRODUZIONE

PREMESSA

Durante i sopralluoghi eseguiti nel giorno 07 Febbraio 2019 presso il manufatto sito in Via Padre Giulio Bevilacqua, Cazzago San Martino (BS), il sottoscritto Ing. Nicola Brini, responsabile tecnico della società Servizitecnici.it s.r.l., su incarico ricevuto dall'Amministrazione Comunale di Cazzago (BS), ha eseguito indagini in sito volte a raccogliere tutti i dati necessari per verificare lo stato di fatto geometrico, fisico e materico, dei principali elementi strutturali costituenti il manufatto di cui in oggetto.

DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE

Inquadramento planimetrico della struttura analizzata

Il manufatto oggetto d'indagine è rappresentato da un edificio ad uso scolastico denominato "Istituto Comprensivo Giulio Bevilacqua", il quale si sviluppa su n.2 piani fuori terra ed ha una struttura costituita da elementi verticali in profilati d'acciaio, connessi a plinti di fondazione isolati in c.a. gettato in opera tramite piastre d'ancoraggio, e da elementi orizzontali rappresentati da tegoli prefabbricati per i solai, cordoli in c.a. perimetrali e profilati in acciaio. Le chiusure verticali sono realizzate tramite pannelli prefabbricati in c.a.v.

RELAZIONE TECNICA

Durante la fase esecutiva delle indagini si è posta particolare attenzione a rilevare eventuali fenomeni fessurativi che potessero indicare il degrado dei materiali o carenze strutturali.

Le indagini che svolte sono:

- Rilievo geometrico;
- Indagine pacometrica;
- Prove di carbonatazione;
- Prove durometriche;
- Prove sclerometriche;
- Prove di pull-out;
- Prelievo di carote e prove di compressione;
- Indagine georadar.

Di seguito si descrivono finalità e metodologia di ciascun tipo di indagine.

RILIEVO DIRETTO

La misurazione diretta è, quando possibile, la soluzione più semplice e meno soggetta ad interpretazioni per la valutazione della geometria di quello che si deve verificare. Con il rilievo mediante distanziometro laser si sono potuti rilevare le dimensioni e le posizioni degli elementi strutturali.

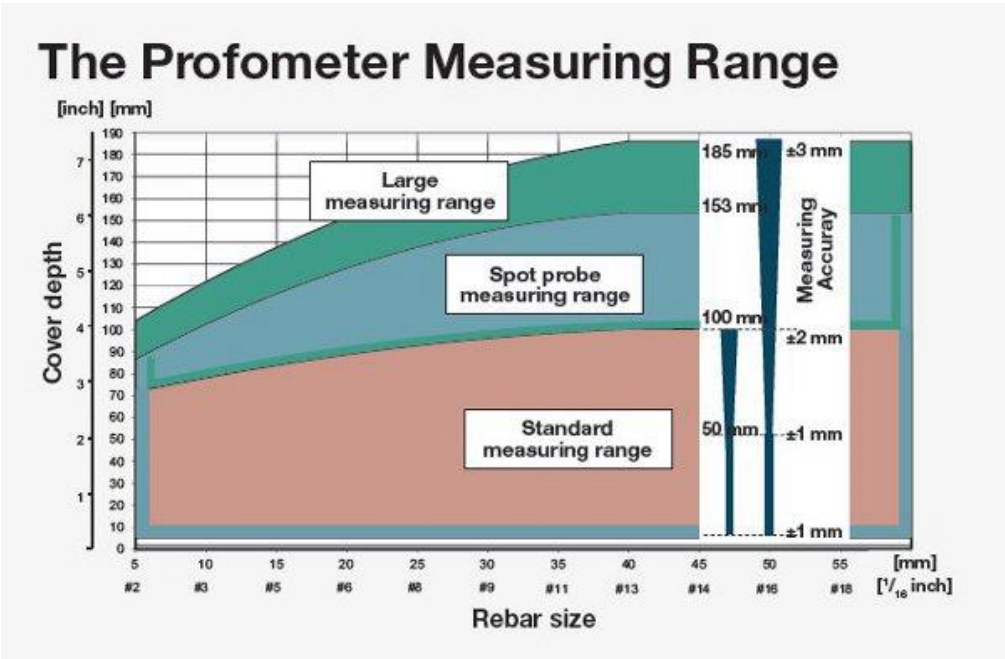
INDAGINE PACOMETRICA

La prova permette di eseguire una mappatura delle armature all'interno dell'elemento indagato (travi, pilastri, solai, travi-parete, ecc.); lo strumento viene fatto scorrere sulla superficie dell'elemento, emettendo un segnale acustico quando nella zona sottostante è presente l'acciaio di armatura. Con detta prova è possibile stimare lo spessore del copriferro e il diametro dei tondini di armatura presenti nell'elemento da indagare con i sotto indicati limiti e in particolare, in funzione del diametro e del copriferro:

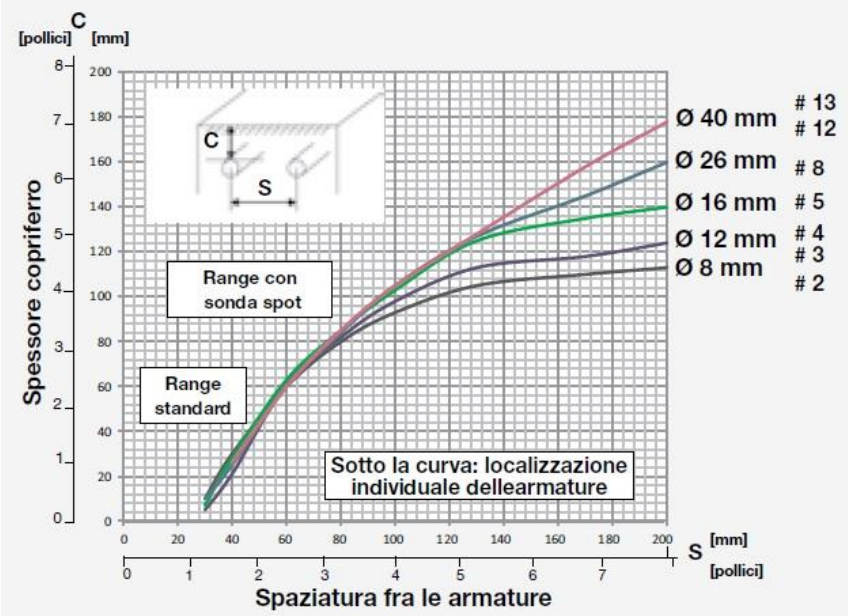
- Range di misurazione del copriferro fino a 185 mm (vedasi tabella 1 allegata)
- Range di misurazione del diametro delle armature fino a 63 mm (vedasi tabella 1 allegata)

  Per ciò che concerne precisione e risoluzione vedi grafici

Strumentazione utilizzata: pacometro Profometer 630 AI - della ditta PROCEQ, manutenzione ed efficienza verificata e certificata con regolarità periodica c/o centro SIT.



Campi di misura e precisione



Risoluzione

Localizzatori di armature Profometer 6

Range di misurazione del copriferro	fino a 185 mm (7,3")
Precisione di misurazione del copriferro	da ± 1 a ± 4 mm (da 0,04 a 0,16")
Risoluzione di misurazione	a seconda del diametro e del copriferro
Precisione di misurazione del percorso su superfici lisce	± 3 mm (0,12") + da 0,5 a 1,0% della lunghezza misurata
Range di misurazione del diametro	copriferro fino a 63 mm (2,50"), diametro fino a 40 mm (# 12)
Precisione di misurazione del diametro	± 1 mm (± # 1) su singola armatura
Standard e linee guida	BS 1881-204, DIN 1045, DGZfP B2, SN 505262, SS 78-B4, linee guida DBV, certificazione CE

Profometer Corrosion

Range di misurazione della tensione	da -1000 a + 1000 mV
Risoluzione tensione	1 mV
Impedenza	100 MΩ
Frequenza di campionamento	900 Hz
Standard e linee guida	ASTM C876, RILEM TC 154-EMC, DGZfP B3, SIA 2006, UNI 10174, JGJ/T 152, JSCE E 601, certificazione CE

Touchscreen Profometer universale

Schermo	7" a colori, 800x480 pixel
Memoria	flash interna, 8 GB
Impostazioni locali	unità metriche e imperiali, multilingua e fusi orari
Alimentazione	12 V +/-25 % / 1.5 A
Dimensioni	250 x 162 x 62 mm
Peso (dell'indicatore)	ca. 1525 g (batteria inclusa)
Batteria	3,6 V, 14 Ah
Autonomia della batteria	> 8 ore (in modalità standard)
Umidità	< 95 % UR, senza condensa
Temperatura d'esercizio	da -10°C a +50°C
Protezione IP	touchscreen IP 54, sonda IP 67

Tab.1 -Determinazione diametro dei tondini

- Precisione strumentale entro i limiti richiesti dalla norma BS1881: parte 204: ± 2 mm o ± 5%

Quanto successivamente riportato come risultato delle indagini pacometriche è frutto della lettura dei grafici strumentali, i quali possono essere messi a disposizione della committenza per un'eventuale consultazione.

PROVE DI CARBONATAZIONE

Con l'impiego di soluzione rilevatrice a base di fenolftaleina, viene valutata la profondità di carbonatazione degli elementi in calcestruzzo: La soluzione di fenolftaleina viene spruzzata sulla superficie di calcestruzzo da testare preventivamente messa a nudo mediante la rimozione del conglomerato sovrastante ammalorato.

Nelle zone a pH superiore a 9 (ricche di calce) la soluzione fa assumere alla matrice cementizia una colorazione rossastra tipica della fenolftaleina 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 CO_2 presente nell'aria. Il test

colorimetrico della fenolftaleina 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).

La presenza di barre in acciaio in aree di calcestruzzo carbonatato non è in grado di assicurarne la passivazione nei confronti dei fenomeni corrosivi.

PROVE DUROMETRICHE

Fra i vari tipi di prova eseguiti sui metalli quello della durezza è senz'altro uno dei più differenziati. Capita che con poche centinaia di grammi di carico di prova si debba rilevare la durezza di fusioni pesanti decine di tonnellate oppure di perni per orologeria.

L'introduzione dell'elettronica ed il conseguente utilizzo di un durometro digitale portatile che per la valutazione della durezza si basa sulla misura della velocità ultrasonora, ha apportato sicuramente un notevole e quasi indispensabile affinamento nei controlli di questo genere.

PRINCIPIO DEL METODO - PROCEDIMENTO VICKERS

Il procedimento è analogo a quello Brinell, e consiste fondamentalmente nel premere un penetratore al diamante a forma di piramide a base quadra con angolo tra le facce di 136°, con un carico prestabilito per un tempo definito.

Dopo aver eseguito la prova si misurano le due diagonali dell'impronta e se ne assume il valore medio.

Il numero di durezza Vickers HV è dato dal rapporto tra il carico applicato e la superficie dell'impronta.

I vantaggi del procedimento Vickers sono l'utilizzo per il controllo di pezzi piccoli, l'utilizzo di carichi bassi e soprattutto l'utilizzo di una sola scala dalle durezze più alte a quelle più basse. A fronte di ciò però il procedimento si evita su materiali poco omogenei come le ghise per i quali servono carichi elevati.

PRECISIONE

Il carico di prova applicato deve essere tale da non provocare una penetrazione superiore a 1/10 dello spessore del pezzo o dello strato indurito in prova. L'attendibilità maggiore si ha con carichi maggiori. Generalmente maggiore è la disomogeneità del materiale da controllare e maggiore dovrà essere il carico applicato.

L'accuratezza delle misurazioni dipende inoltre dalla preparazione delle superfici, dalla costanza dei tempi di misura e dalle frequenti verifiche di calibrazione dello strumento.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA:

blocco di taratura standard Yamamoto ScientificToolLaboratory Co. Ltd.

durezza Vickers HV 198/10kg - 199/1kg

Durometro digitale portatile della ditta GE

PROVE SCLEROMETRICHE SU CALCESTRUZZO

(UNI EN 12504-2:2001)

Le prove sclerometriche, sicuramente le più impiegate tra quelle non-distruttive, forniscono un'immediata indicazione della resistenza di rottura a compressione del calcestruzzo.

La prova di durezza superficiale consente di valutare la qualità del calcestruzzo utilizzando il legame esistente tra la durezza d'urto del materiale e la resistenza a compressione.

Il funzionamento si basa sul rimbalzo di una massa battente su di un pistone che si appoggia sulla superficie del manufatto in calcestruzzo: quanto più elevata è la resistenza, tanto maggiore è il rimbalzo.

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.

Inoltre il valore di rimbalzo determinato con lo sclerometro risulta influenzato notevolmente dalle condizioni della superficie della struttura sulla quale si eseguono le prove (presenza di intonaci, superfici bagnate o umide, strati superficiali carbonatati).

Infine utilizzando opportune curve di correlazione si ricava una stima della resistenza a compressione cilindrica del calcestruzzo.

Nota: il metodo di prova non è inteso come una alternativa per la determinazione della resistenza alla compressione del calcestruzzo ma, con una opportuna correlazione, può fornire una stima della resistenza in sito. Lo strumento, infatti, elabora un valore di rimbalzo medio ogni dieci battute, scartando i valori massimo e minimo. Di conseguenza dalle otto battute rimaste, si ottiene

un'indicazione mediata della resistenza cubica del calcestruzzo indagato in sito.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA:

- sclerometro SilverSchmidt N – Proceq n° SH01-006-1577

PULL-OUT TEST - DETERMINAZIONE DELLA FORZA DI ESTRAZIONE

(UNI EN 12504-3:2005)

La prova di estrazione è un metodo di analisi semidistruttivo.

La resistenza del calcestruzzo in sito viene determinata mediante la misurazione della forza necessaria per estrarre un inserto metallico post-inserito in apposito foro realizzato nel calcestruzzo già maturato.

La prova di estrazione si esegue inserendo un apposito tassello nel calcestruzzo e successivamente estraendolo con opportuno martinetto, il quale esercita la forza contrastando nella corona circolare studiata in funzione della profondità del tassello.

Il valore della pressione di estrazione così misurata viene utilizzata per la determinazione della resistenza a compressione tramite curve di taratura o in correlazione con altri metodi non distruttivi.

Nota: il metodo di prova non è inteso come una alternativa per la determinazione della resistenza alla compressione del calcestruzzo determinata con la prova a compressione su campioni prelevati in sito (carotaggi) ma, con una opportuna correlazione, può fornire una stima attendibile della resistenza in sito.

Strumentazione utilizzata: martinetto cavo a spinta - 10 ton (cod. int. C376N)

diametro corona di estrazione Ø 110 mm

tasselli FISCHER FZA 14x40 M10x25

manutenzione ed efficienza verificata e certificata con regolarità periodica c/o centro SIT, controllo diretto regolazione con campione di riferimento eseguito dai tecnici all'inizio e fine di ogni giornata di prova.

PRELIEVO DI CAROTE E PROVE DI COMPRESSIONE

Il prelievo di carote di calcestruzzo indurito e la successiva prova a compressione in laboratorio è il metodo diretto e più veritiero per la stima delle caratteristiche a rottura del conglomerato cementizio in opera.

La (UNI EN 12504-1:2002) definisce le regole per tali indagine.

Eventuali analisi non distruttive possono essere eseguite negli stessi punti di prelievo dei campioni, allo scopo di ottenere idonee curve di correlazione ed estendere ad aree maggiori la stima delle caratteristiche dei getti senza ulteriori indagini invasive quali i carotaggi.

Da ogni carota estratta è stato ottenuto n.1 provino da sottoporre a schiacciamento per valutare la resistenza alla compressione.

INDAGINE GEORADAR

È stata condotta indagine GPR (Ground Probing Radar).

Considerata la tipologia delle indagini e le dimensioni delle strutture oggetto dei rilievi è stata utilizzata un'antenna da 1500 MHz, che è dotata dello spettro di emissione ottimale per raggiungere l'elevato dettaglio richiesto.

Va rilevato che il georadar, tramite onde elettromagnetiche, garantisce la possibilità di identificare le anomalie interne ai materiali senza alcun intervento sulla copertura, in maniera del tutto non invasiva.

Metodologia

La metodologia GPR, attraverso l'utilizzo di onde elettromagnetiche, consente la definizione delle caratteristiche interne al mezzo indagato. In particolare è possibile identificare interfacce tra livelli dotati di differente resistività e costante dielettrica. Tali parametri sono in seguito correlabili a fattori fisici, quali il grado di compattazione, la posizione e le caratteristiche di eventuali manufatti sepolti, la presenza di zone umide o di zone non cementate.

Un impulso elettromagnetico della durata di pochi nanosecondi, inviato nel mezzo tramite un'antenna trasmittente, viene in parte riflesso dalle interfacce tra livelli in contrasto elettromagnetico ed in parte trasmesso nei livelli sottostanti. I segnali riflessi vengono ricevuti in superficie tramite un'antenna ricevente; quest'ultima può essere la stessa utilizzata per la trasmissione (configurazione monostatica) o separata da questa di una certa distanza (configurazione bistatica). La scelta della configurazione, fondata sugli scopi della ricerca, è basata sulla profondità massima di indagine e sul livello di dettaglio richiesto. Questi a loro volta contribuiscono alla scelta

della frequenza; ad una bassa frequenza corrisponde infatti una elevata penetrazione del segnale in profondità ma con uno scarso dettaglio delle anomalie riscontrabili (risoluzione bassa), al contrario ad alte frequenze corrispondono elevati livelli risolutivi con scarsa penetrazione del segnale.

I profili, generalmente acquisiti lungo reticoli con direzioni ortogonali a distanze variabili, consentono la ricostruzione dell'andamento dei livelli dotati di differenti caratteristiche elettromagnetiche tramite sezioni verticali radar-stratigrafiche.

STRUMENTAZIONE

L'indagine è stata eseguita utilizzando una strumentazione un RIS One della IDS di Livorno, costituita da un'unità centrale all'interno della quale viene generato il segnale inviato alla sezione trasmittente e viene elaborato il segnale ricevuto dalla sezione ricevente dell'antenna.

Le operazioni di calibrazione del sistema e l'impostazione dei parametri di acquisizione quali tempo di registrazione, guadagno e tipi di filtro da applicare ai segnali elettromagnetici, sono eseguite tramite un personal Computer collegato tramite una connessione LAN all'unità centrale.

Lo stesso computer consente inoltre la visualizzazione del profilo durante l'acquisizione consentendo una rapida valutazione, già durante le operazioni di campo, della qualità dei segnali registrati.

All'unità centrale è collegata, tramite un cavo multipolare, l'antenna che ha il compito di trasmettere i segnali elettromagnetici all'interno del sottosuolo e di ricevere le riflessioni dovute alle interfacce elettromagnetiche presenti alle diverse profondità di indagine. La frequenza di trasmissione viene determinata dalle caratteristiche costruttive dell'antenna stessa e può variare da 14 MHz a oltre 2,5 GHz. La scelta della frequenza è basata sugli scopi di utilizzo dell'apparecchiatura, ad una bassa frequenza corrisponde infatti una elevata penetrazione del segnale in profondità ma con uno scarso dettaglio delle anomalie riscontrabili (risoluzione bassa). Al contrario ad alte frequenze corrispondono elevati livelli risolutivi con scarsa penetrazione del segnale.

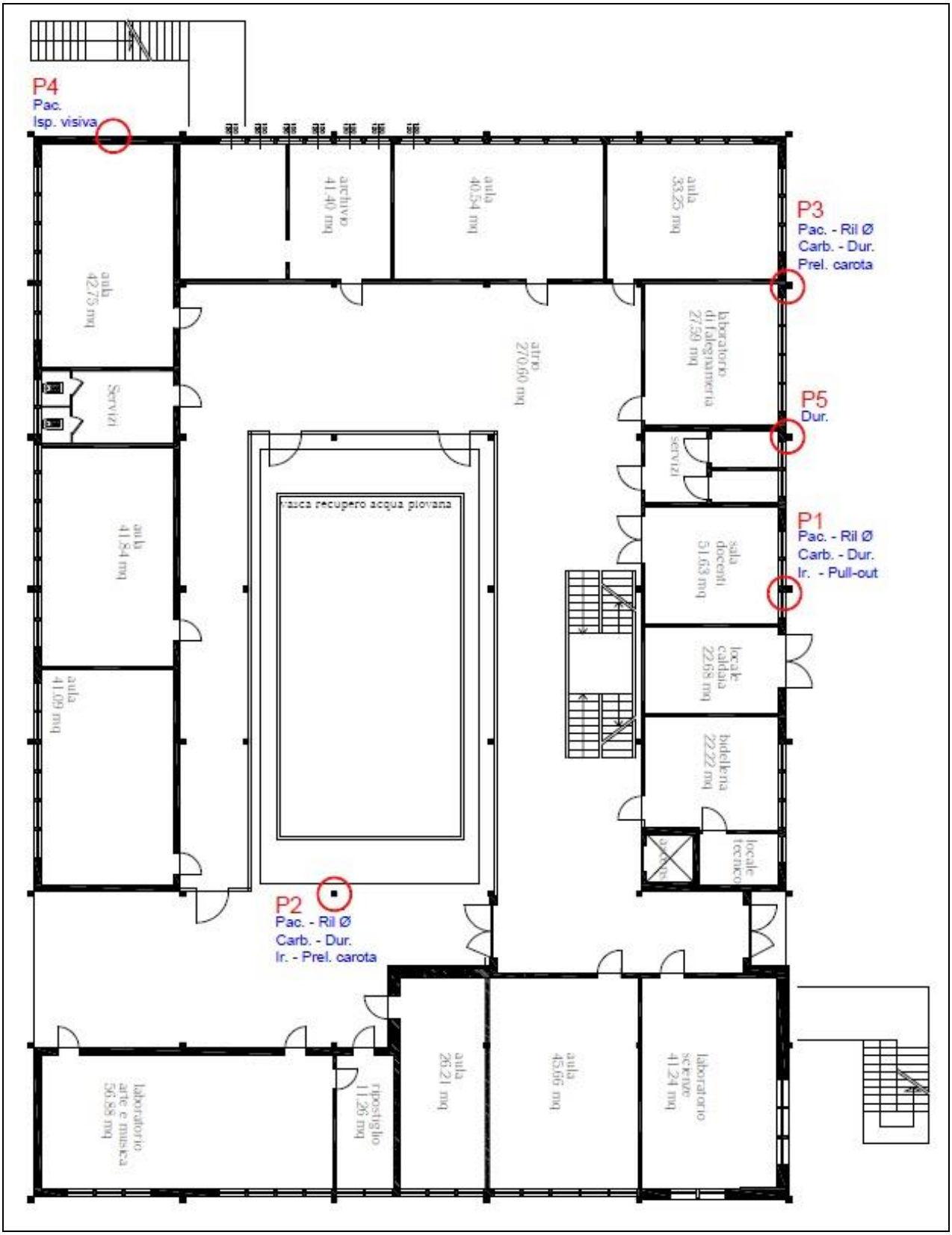
Per un preciso posizionamento dei profili acquisiti il software di acquisizione prevede la connessione di un dispositivo GPS per la georeferenziazione di punti specifici della sezione georadar. È infatti possibile associare un file GPS al file dei dati GPR.

RISULTATI DELLE INDAGINI

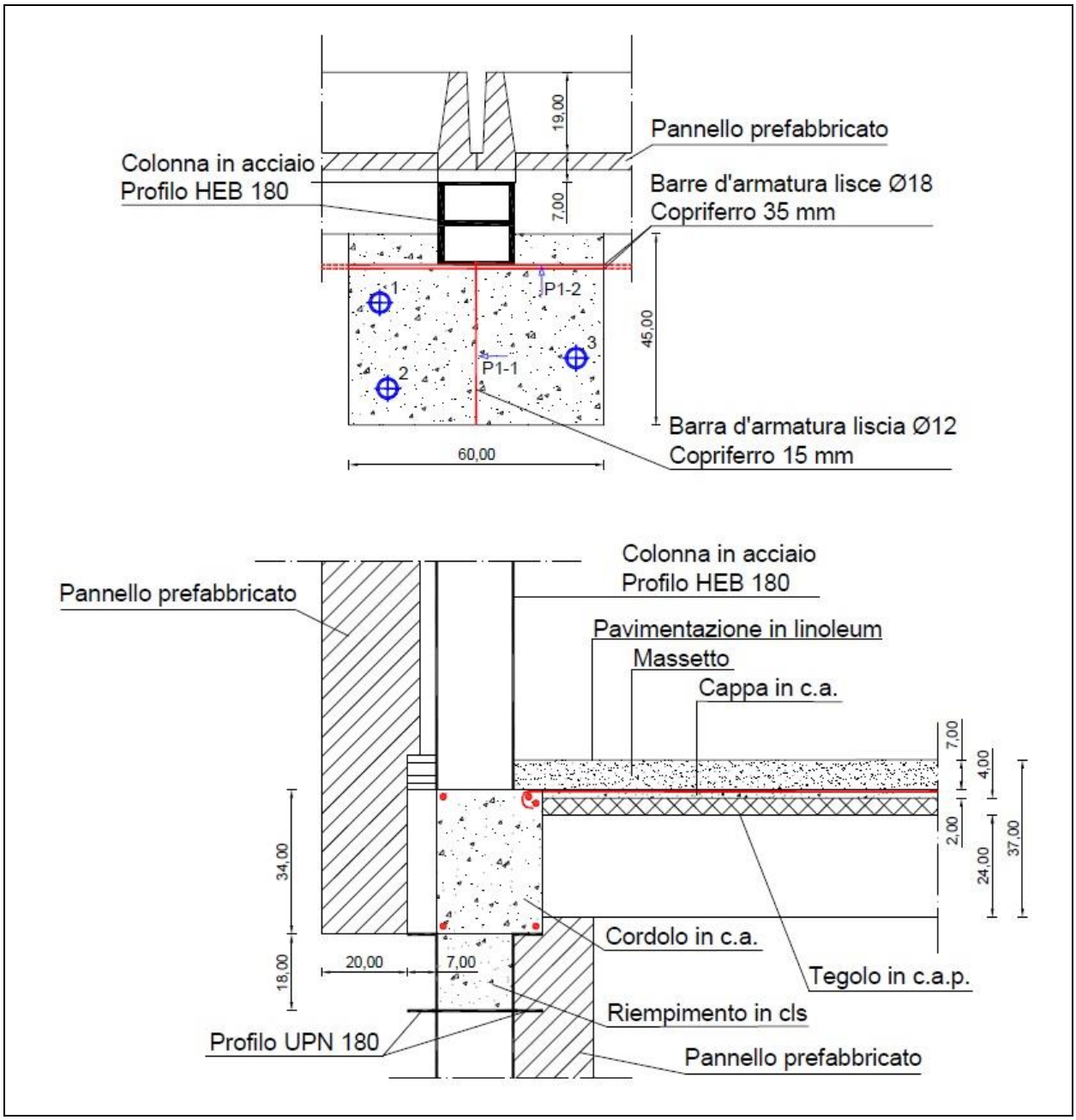
Tabella riassuntiva delle prove eseguite

ELEMENTO	ASSAGGIO	PACOM.	SCLEROM.	DUROM.	CARBONAT.	PULL-OUT	PRELIEVO CAROTA	GEORADAR
P1	X	X	X	X	X	X		
P2	X	X	X	X	X		X	
P3	X	X		X	X		X	
P4		X						
P5				X				
INTERA STRUTTURA								X

LOCALIZZAZIONE INDAGINI



NODO - P1



Nel punto di assaggio è stata eseguita una prova di carbonatazione del calcestruzzo. A seguito dell'applicazione della soluzione di fenolftaleina c'è stata una reazione del materiale già a partire dagli strati più superficiali, il calcestruzzo risulta dunque non essere carbonatato.

N.B. Il cordolo in c.a. risulta non armato a taglio.

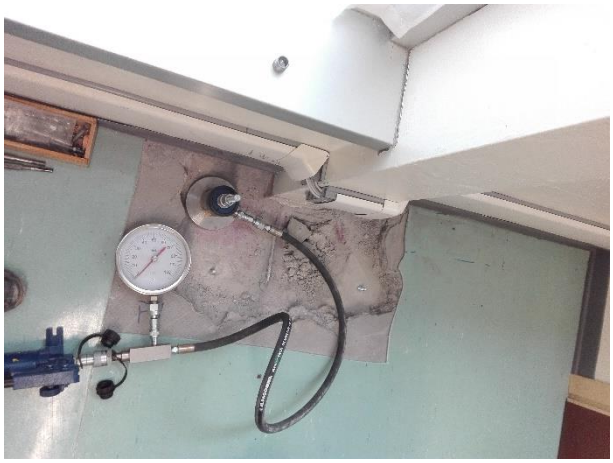
E' stata eseguita una prova durometrica sulle barre d'armatura rilevate, nei punti indicati nello schema di riferimento, che ha evidenziato una classe di resistenza pari a FeB22k. Di seguito sono riportati i dati relativi alla prova:

Punto	Piano	Indice di durezza HL					Media HL	Resistenza a rottura N/mm2	Classe di Resistenza
P1-1	1°P	188	220	207	257	202	206	210	<FeB22k
		185	192	213	192	204			
P1-2	1°P	231	248	294	390	401	341	362	FeB22k
		417	354	316	368	387			

Nota: Nel punto P1-1 la prova durometrica ha restituito un valore di tensione a rottura inferiore a 335 N/mm^2 e dunque una corrispondente classe di resistenza inferiore a FeB22k. E' però opportuno tener presente della possibilità che i risultati possano essere condizionati negativamente dal ridotto diametro della barra d'armatura e dallo scarso contrasto offerto dal calcestruzzo.

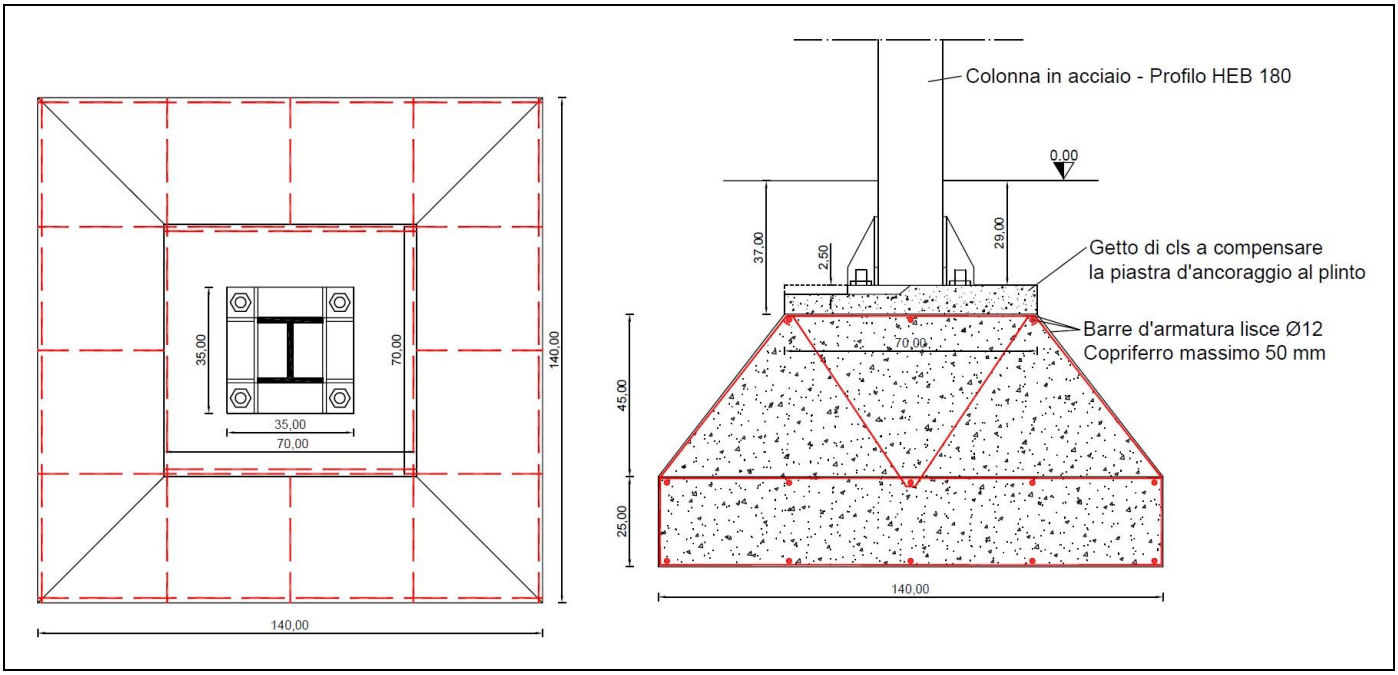
E' stata eseguita infine una prova di pull-out inserendo n.3 tasselli nella cappa in c.a. e misurando la forza necessaria ad estrarre gli stessi a mezzo del martinetto cavo. Di seguito si riportano i valori misurati in relazione ai tasselli 1, 2 e 3 identificati nel precedente schema.

Elemento	N°	forza di estrazione	stima Rc,m
		[KN]	N/mm^2
P1	1	2100	28,6
	2	1200	20,4
	3	1900	26,8
		MEDIA Totale	***25,3***
		dev. st.	***4,3***
		Cs	***17,2%***



Nodo P1

PLINTO - P2



Nel punto di assaggio è stata eseguita una prova di carbonatazione del calcestruzzo. A seguito dell'applicazione della soluzione di fenolftaleina c'è stata una reazione del materiale già a partire dagli strati più superficiali, il calcestruzzo risulta dunque non essere carbonatato.

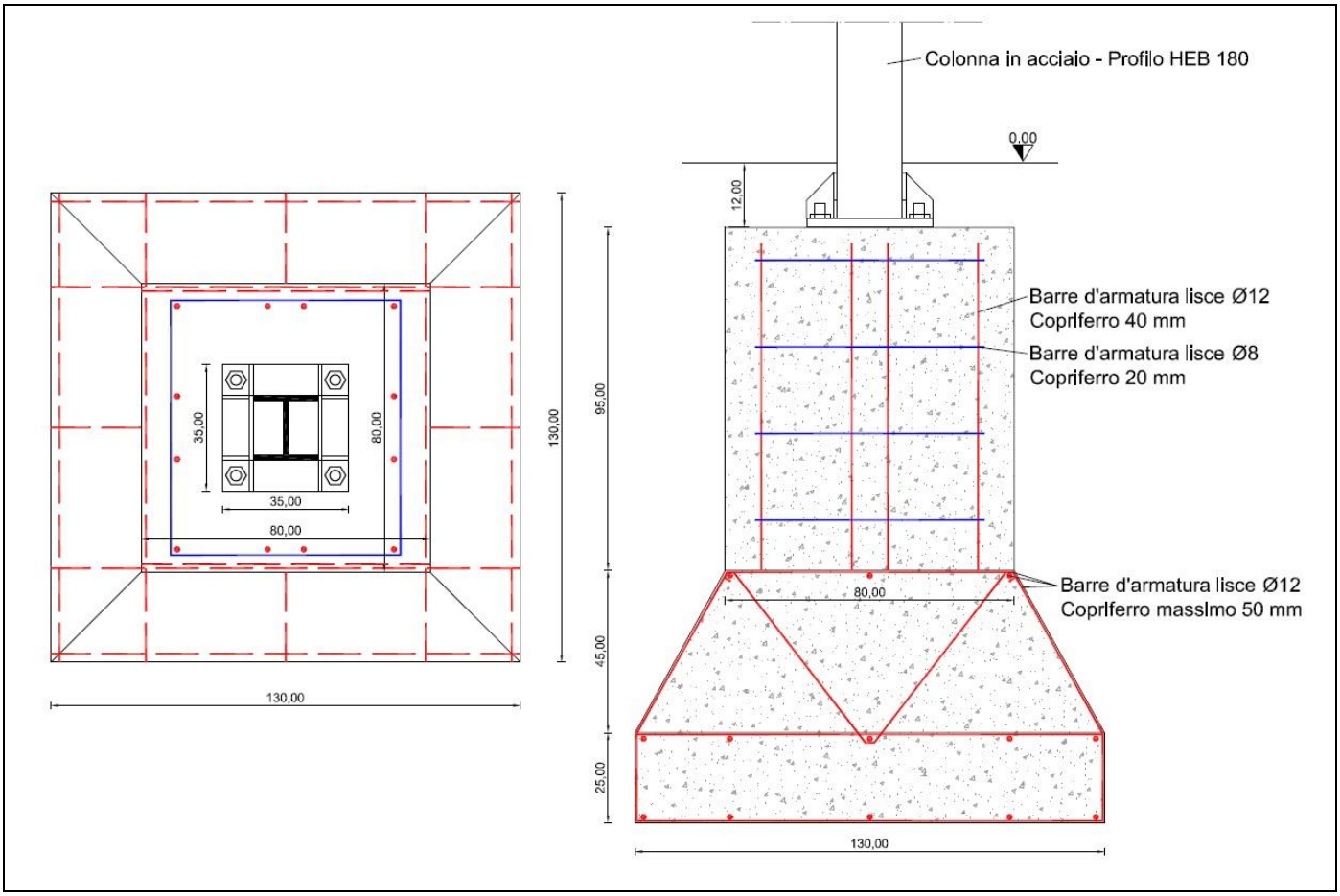
La prova durometrica eseguita sull'armatura del plinto ha evidenziato una classe di resistenza corrispondente inferiore a FeB22K. Nella tabella sottostante sono riportati i dati relativi alla prova:

Punto	Piano	Indice di durezza HL					Media HL	Resistenza a rottura N/mm2	Classe di Resistenza
P2	PT	215	207	201	179	199	203	207	<FeB22k
		224	215	201	194	196			

Nota: La prova durometrica ha restituito un valore di tensione a rottura inferiore a 335 N/mm^2 e dunque una corrispondente classe di resistenza inferiore a FeB22k. E' però opportuno tener presente della possibilità che i risultati possano essere condizionati negativamente dal ridotto diametro della barra d'armatura e dallo scarso contrasto offerto dal calcestruzzo.

Plinto P2

PLINTO - P3



Nel punto di assaggio è stata eseguita una prova di carbonatazione del calcestruzzo. A seguito dell'applicazione della soluzione di fenolftaleina c'è stata una reazione del materiale già a partire dagli strati più superficiali, il calcestruzzo risulta dunque non essere carbonatato.

La prova durometrica eseguita sull'armatura del plinto ha evidenziato una classe di resistenza corrispondente inferiore a FeB22K. Nella tabella sottostante sono riportati i dati relativi alla prova:

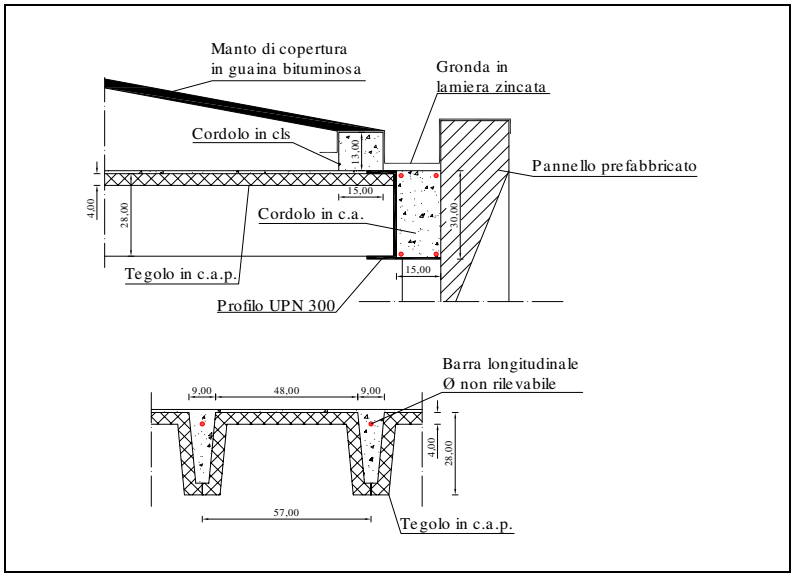
Punto	Piano	Indice di durezza HL					Media HL	Resistenza a rottura N/mm2	Classe di Resistenza
P3	PT	221	229	262	268	221	231	234	<FeB22k
		206	205	224	238	231			

Nota: La prova durometrica ha restituito un valore di tensione a rottura inferiore a 335 N/mm^2 e dunque una corrispondente classe di resistenza inferiore a FeB22k. E' però opportuno tener presente della possibilità che i risultati

possano essere condizionati negativamente dal ridotto diametro della barra d'armatura e dallo scarso contrasto offerto dal calcestruzzo.

Plinto P3

SOLETTA DI COPERTURA - P4



L'indagine pacometrica eseguita all'estradosso della soletta ha evidenziato la presenza di una maglia di armatura riconducibile a quella relativa agli elementi prefabbricati del solaio.

COLONNA – P5

La prova durometrica eseguita sulla colonna, rappresentata da un profilato HEB180 ha evidenziato una classe di resistenza corrispondente a Fe360C. Nella tabella sottostante sono riportati i dati relativi alla prova:

Punto	Piano	Indice di durezza HV					Media HV	Resistenza a rottura N/mm2	Classe di Resistenza
P5	PT	128	117	122	117	138	124	428	Fe360C
		126	115	121	128	130			

RISULTATI PROVE SCLEROMETRICHE

Dopo aver rilevato tramite pacometro le posizioni dei ferri d'armatura ed averli evidenziati sulla superficie del calcestruzzo si è proceduto ad eseguire le prove utilizzando lo sclerometro nei punti in cui non erano presenti armature.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti.

Analisi sclerometriche effettuate con sclerometro (Silver Schmidt SH01-006-1577)

Note: Al fine di una corretta interpretazione dei risultati ottenuti, sono stati valutati la dispersione dei valori e la conseguente omogeneità di risposta.

L'omogeneità di risposta è classificata in funzione del coefficiente Cs come segue:

Eccellente → 0% < Cls < 10%

Buona → 10% < Cls < 15%

Discreta → 15% < Cls < 20%

Scadente → Cls > 20%

Il coefficiente Cs (%) è definito come il rapporto tra lo scarto quadratico e la media dei valori argomentali.

In tabella sono riportati i valori relativi ai singoli cicli di battuta per ogni elemento.

Piano	N° battuta	Elemento	$R_{c,k}$ N/mm^2 10-percent	Deviazione Standard (Rc,k)	Rimbalzo	Deviazione Standard (Rimbalzo)	Omogeneità Cls	
Piano primo	1	P1 (solaio)	28,0	5,0	48,1	3,8	8%	Eccellente
	2		29,0	6,5	49,1	4,6	9%	Eccellente
	3		33,0	4,5	51,7	2,7	5%	Eccellente
Piano Terra	1	P2 (plinto)	11,5	1,8	30,0	2,9	10%	Eccellente
	2		13,0	4,0	32,4	6,2	19%	Discreta
	3		14,5	2,3	34,4	3,4	10%	Eccellente

Valori medi								
Piano	N° battuta	Elemento	Rc,k N/mm^2 10-percent	Deviazione Standard (Rc,k)	Rimbalzo	Deviazione Standard (Rimbalzo)	Omogeneità Cls	
Piano primo	1-2-3	P1 (solaio)	30,00	5,3	49,6	3,7	7%	Eccellente
Piano Terra	1-2-3	P2 (plinto)	13,00	2,7	32,3	4,2	13%	Buona

A questo punto si convertono i valori di resistenza cubica caratteristica ottenuti in valori di resistenza cilindrica caratteristica, mediante l'espressione indicata al § C11.2.10.1 della Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 02/02/2009 n. 617:

$$f_{c,k} = 0{,}83 \cdot R_{c,k}$$

Piano	Elemento	$R_{c,k}$ N/mm^2 10-percent	Deviazione Standard (Rc,k)	fc,k N/mm^2	fc,m N/mm^2 (<15 campioni)
Piano primo	P1 (solaio)	30,00	5,3	24,90	32,90
Piano Terra	P2 (plinto)	13,00	2,7	10,79	18,79

Che comportano un valore di $f_{c,k}$ = 24,90 Mpa per il solaio, mentre per il plinto di fondazione si ha un valore di $f_{c,k}$ = 10,79 MPa.

A questo punto sarà valutata la resistenza media a partire da quella caratteristica tramite l'espressione riportata al § C11.2.6 della Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 02/02/2009 n. 617:

$$f_{cm,is} = f_{ck,is} + 8$$

e dunque, per il solaio si ha

$$f_{cm,is} = f_{ck,is} + 8 = 24{,}90 + 8 = 32{,}90\ MPa$$

mentre per il plinto di fondazione si ha

$$f_{cm,is} = f_{ck,is} + 8 = 10{,}79 + 8 = 18{,}79\ MPa$$

Come dettato dal Codice vigente al § C11.2.6 della Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 02/02/2009 n. 617, il sopracitato valore deve tenere in considerazione di un fattore pari a 0,85, segnalando una resistenza cilindrica caratteristica da utilizzare nelle verifiche di:

$$f_{ck,pot} = f_{ck,is}/0{,}85 = 24{,}90/0{,}85 = 29{,}29\ MPa$$

$$f_{ck,pot} = f_{ck,is}/0{,}85 = 10{,}79/0{,}85 = 12{,}69\ MPa$$

rispettivamente relative al solaio ed al plinto di fondazione.

ESITO DELLE PROVE DI COMPRESSIONE SU CAROTE DI CALCESTRUZZO

L.T.M. Laboratorio Tecnologico Mantovano s.r.l.

LABORATORIO DI MILANO - Via della Pace, 15/C - 20098 S. Giuliano Milanese (MI)
Tel. 02 98245176 Fax 02 98246407 - e-mail: info@ltmcoman.com

AUTORIZZATO DAL MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI CON DM N° 13402 DEL 31.05.2005 (L.1086/71 ART. 20) E SUCCESSIVE PROROGHE ED AGGIORNAMENTI PER I SETTORI: LEGANTI IDRAULICI, CALCESTRUZZI, LATERIZI ED ACCIAI

Sede legale:
Via A. Pitentino, 10-12
46010 Levata di Curtatone (MN)
Tel. 0376 291712 - Fax 0376 293042

C.F. E P.I. 01293110209
Capitale Sociale € 11.440 i.v.
Registro Imprese di Mantova

SEZIONE CALCESTRUZZI

PROT. N. 54B/19
Verbale di accettazione N. 11021610B/19 del 11/02/19 San Giuliano Milanese, 14/02/19

RAPPORTO DI PROVA

Soggetto consegnatario: Personale della Ditta

RICHIEDENTE	:	COMUNE DI CAZZAGO S. MARTINO
INDIRIZZO	:	VIA CAREBBIO, 26 - CAZZAGO S. MARTINO
NATURA DEI CAMPIONI	:	Provini cilindrici prelevati dal Committente, tecnico incaricato Dott. Ing. Nicola Brini, da struttura in opera
PROVA RICHIESTA	:	Resistenza alla compressione - UNI EN 12390
CANTIERE DI PROVENIENZA	:	CAZZAGO S. MARTINO VIA PADRE GIULIO BEVILACQUA, 8 - SCUOLA SECONDARIA 1° GRADO BEVILACQUA

Determinazione della resistenza a compressione secondo UNI EN 12390/3

RISULTATI DELLE PROVE							
N.	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)	Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m^3)	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* f_c	Data di prelievo	Data prova
1	Plinto posizione P3	76 x 76,2	1,00	2232	32,5	07/02/2019	14/02/2019
2	Plinto posizione P2	76 x 77,1	1,01	2294	30,1	07/02/2019	14/02/2019

(*) 1 MPa = 1N/mm^2 = 10,2 Kg/cm^2

Prove eseguite secondo la normativa UNI EN 12390/3
Attrezzatura utilizzata: Pressa idraulica motorizzata "CONTROLS" da 3000 kN - mod. C55V2/L matricola 02116233 Data ultima taratura: 13/04/2018

OSSERVAZIONI :
Le facce di carico dei provini sono state preventivamente sottoposte a rettifica meccanica con mola diamantata.
Tipo di rottura soddisfacente.

Il presente rapporto di prova non è riproducibile, neppure parzialmente, senza autorizzazione scritta del Laboratorio.
Gli esiti in esso contenuti si riferiscono ai soli campioni sottoposti a prova

Il Tecnico Sperimentatore	Il Direttore del Laboratorio
geom. Matteo Verdi	*Dott. Ing. Roberto Ferrari*

Pagina 1 di 1

Rapporto di prova delle carote

Secondo le linee guida per modalità di indagine sulle strutture e sui terreni per i progetti di riparazione, miglioramento e ricostruzione di edifici inagibili pubblicato dal dipartimento della protezione civile nel capitolo relativo ai carotaggi indica:

"La letteratura tecnico-scientifica e diverse normative danno una serie di indicazioni per i fattori sopra elencati. La più completa, sebbene calibrata su calcestruzzi con caratteristiche di resistenza medie e carote di diametro 100 mm, appare la formula proposta dall'American Concrete Institute (ACI) per la trasformazione della resistenza di carota in resistenza in opera dove:

- *fc rappresenta la resistenza cilindrica in opera (resistenza strutturale), misurata su un campione con l/d=2;*
- *Fl/d è il fattore che tiene conto della geometria del campione, i cui valori sono riportati in tabella1;*
- *Fdia è il fattore che tiene conto del diametro del provino, avente valore 1 nel caso di diametro100 mm, determinabile mediante interpolazione lineare per i diametri compresi tra quelli indicati in tabella 1;*
- *Fmc è il fattore che tiene conto dell'umidità del provino, i cui valori sono riportati in tabella 1;*
- *Fd è il fattore che tiene conto del disturbo provocato dal carotaggio, i cui valori sono riportati in tabella 1. Nel caso in cui le caratteristiche del calcestruzzo siano molto basse tale coefficiente può raggiungere valori anche maggiori di quelli indicati in tabella;"*

Factor	Mean value
F_{ld} ratio	[$\alpha = 4.3 \cdot 10^{-4}$ mm²/N]
Come prelevato	$1-[0.130-\alpha \cdot f_{core}]\left(2-\frac{l}{d}\right)^2$
Immerso in acqua per 48 h	$1-[0.117-\alpha \cdot f_{core}]\left(2-\frac{l}{d}\right)^2$
Conservato in aria secca	$1-[0.144-\alpha \cdot f_{core}]\left(2-\frac{l}{d}\right)^2$
F_{dia} core diameter	
50 mm	1.06
100 mm	1.00
150 mm	0.98
F_{mc} core moisture content	
Come prelevato	1.00
Immerso 48 h in H_2O	1.09
Conserv. in aria secca	0.98
F_d Danno dovuto alla perforazione:	1.06

Coefficienti correttivi per carote in cls

NOTA: "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive", al punto 11.3, danno rilievo a tale aspetto sottolineando che "l'estrazione e la lavorazione delle superfici di calcestruzzi aventi resistenza <= 20 MPa, è molto critica" e quindi "il metodo non risulta idoneo ad indagare tali calcestruzzi."

Oltremodo secondo il capitolo 11.2.6 Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera del D.M.2008 "omissis…..Il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza strutturale) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in condizioni di laboratorio (definita come resistenza potenziale). È accettabile un valore medio della resistenza strutturale, misurata con tecniche opportune (distruttive e non distruttive) e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, non inferiore all'85% del valore medio definito in fase di progetto.omissis…..."

La Circolare esplicativa del DM2008 al capitolo C11.2.6 estende questa verifica anche a test in situ per la verifica delle resistenze.

La seguente tabella elabora la resistenza ottenuta dalla prova di schiacciamento come precedentemente descritto.

Piano	N.	Punto indagine	fc (Mpa)	(l/d)	F(l/d)	F(dia)	F(mc)	Fd	F	fc_F (Mpa)
Piano Terra	1	P2	30,1	1,00	0,87043	1,03	1,00	1,06	0,95034	28,61
	1	P3	32,5	1,01	0,87301	1,03	1,00	1,06	0,96268	31,29
									Media	**29,95**
									SQM	**1,90**

Che comporta un valore di fc_F pari a 29,95 Mpa ed uno scarto quadratico medio di 1,90Mpa.

A questo punto verrà valutata la resistenza caratteristica a partire da quella media con la seguente espressione:

- La valutazione della resistenze caratteristiche avviene tramite l'espressione riportata al § C11.2.6 della Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 02/02/2009 n. 617:

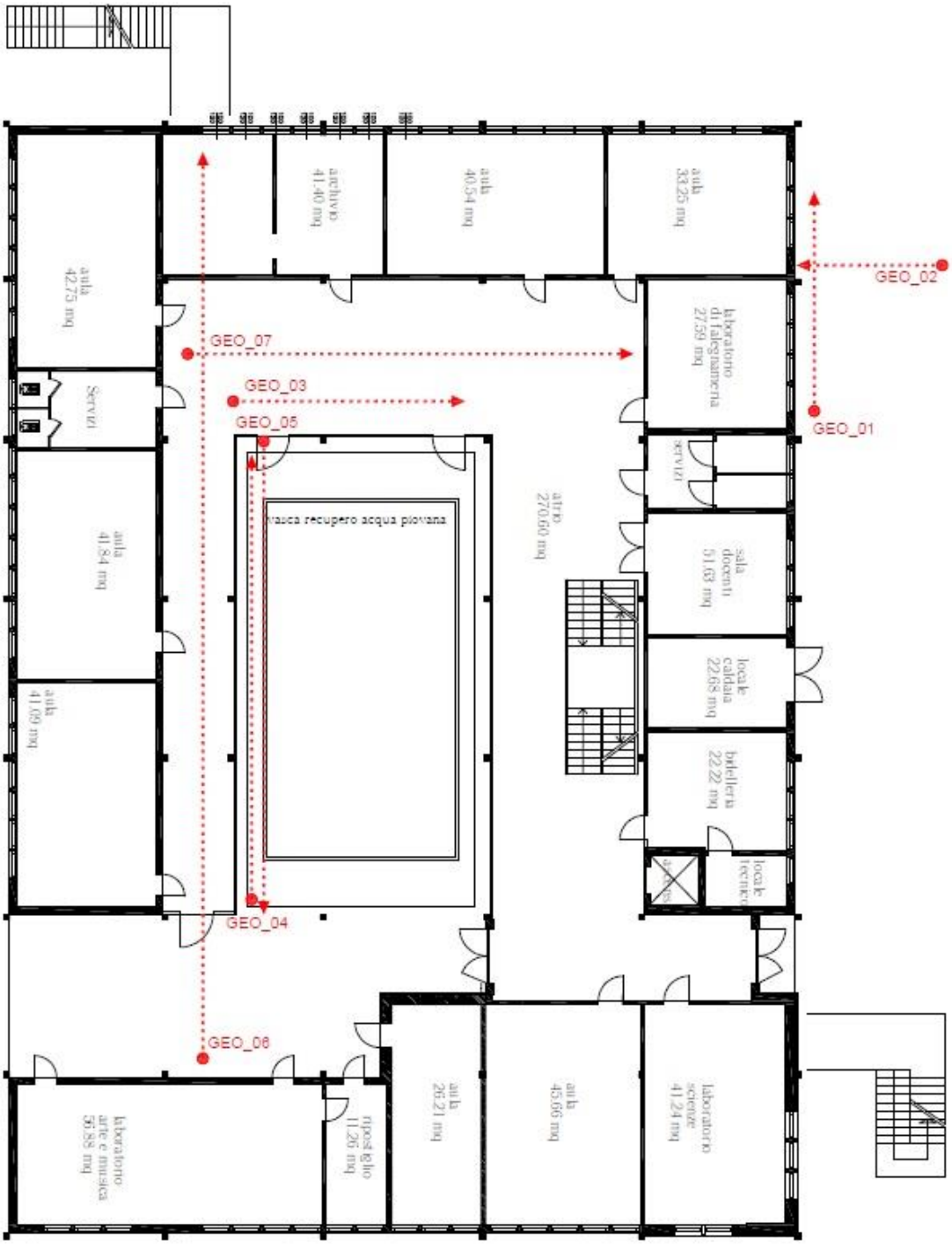
$$f_{c,k} = f_{c,m} - 8{,}00 = 29{,}95 - 8{,}00 = 21{,}95\ Mpa$$

Come dettato dal Codice vigente al § C11.2.6 della Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 02/02/2009 n. 617, il sopracitato valore deve tenere in considerazione di un fattore pari a 0,85, segnalando una resistenza cilindrica caratteristica da utilizzare nelle verifiche di:

$$f_{c,k\ pot} = f_{c,k}/0{,}85 = 21{,}95/0{,}85 = 25{,}82\ Mpa$$

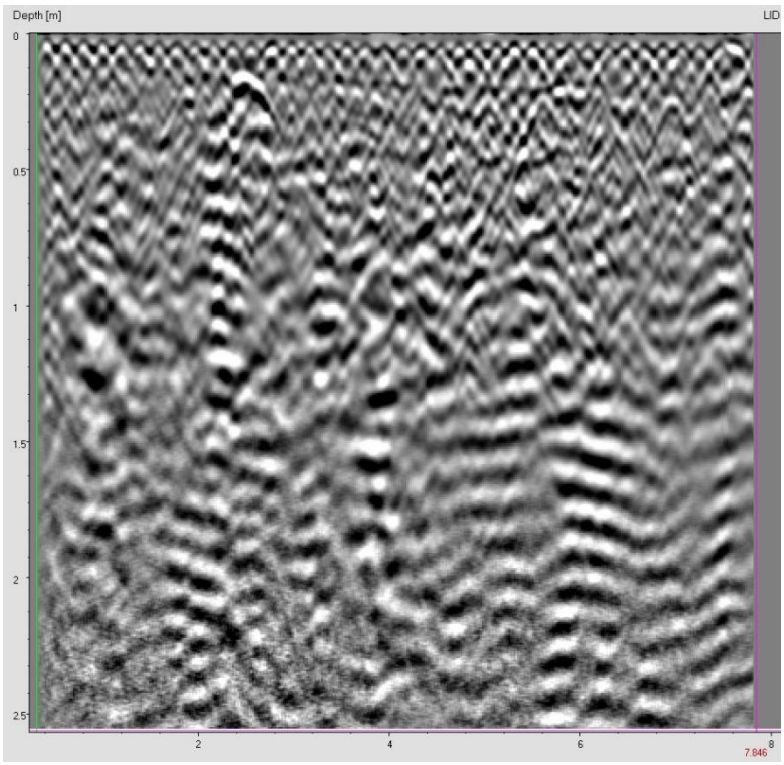
RISULTATI INDAGINE GEORADAR

Di seguito si riporta la planimetria indicante le traiettorie dell'indagine georadar. Si precisa che le traiettorie GEO_06 e GEO_07 sono state eseguite al primo piano, mentre le altre sono tutte relative al piano terra.



Traiettorie georadar

GEORADAR GEO_01

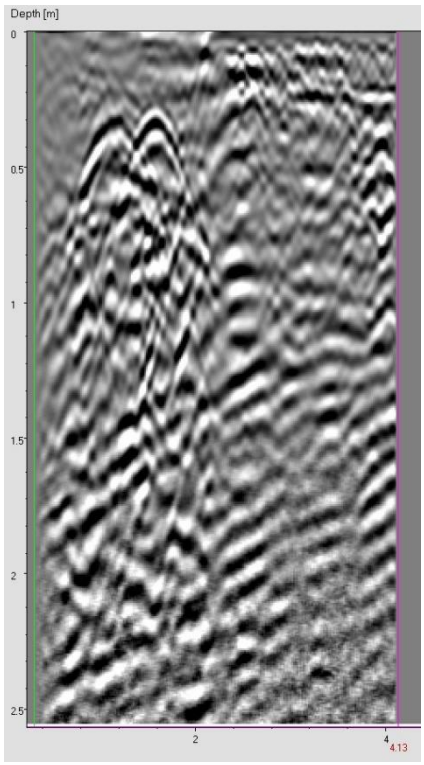


Traiettoria Georadar GEO_01

La lettura georadar GEO_01 è stata effettuata in data 07/02/2019 con direzione come indicato in planimetria. La sua lunghezza totale di lettura è 7,55 m ed ha rilevato:

- Presenza di una maglia di armatura riconducibile ad una rete elettrosaldata per tutta la lunghezza della lettura.

GEORADAR GEO_02

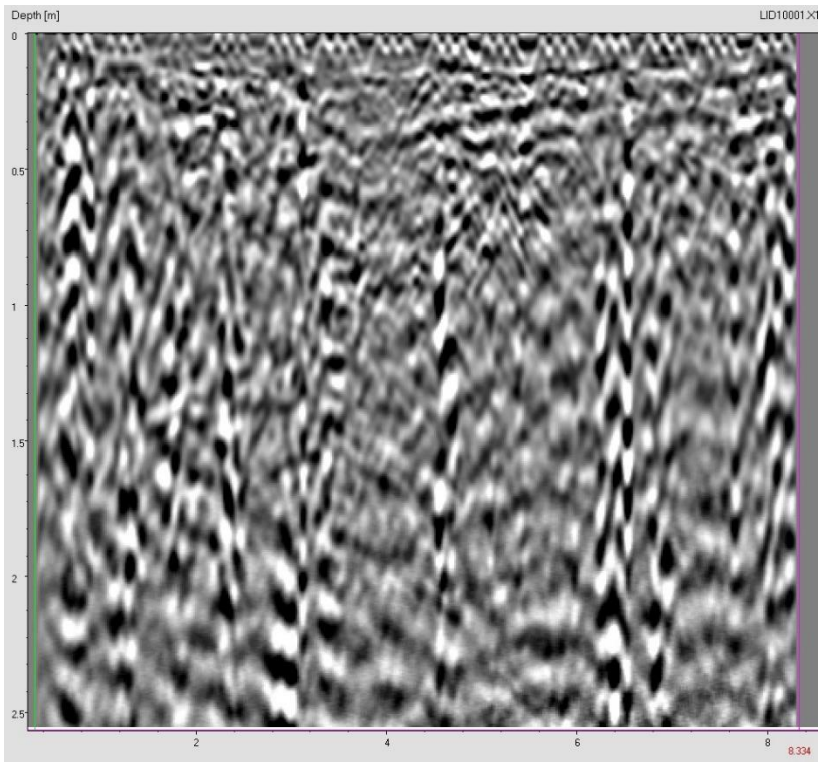


Traiettoria
Georadar GEO_02

La lettura georadar GEO_02 è stata effettuata in data 07/02/2019 con direzione come indicato in planimetria. La sua lunghezza totale di lettura è 3,83 m ed ha rilevato:

- Anomalia da 0,5 m a 2,00 m dovuta alla presenza di impiantistica ad una profondità di 30 cm;
- Presenza di rete elettrosaldata da 2,20 m.

GEORADAR GEO_03

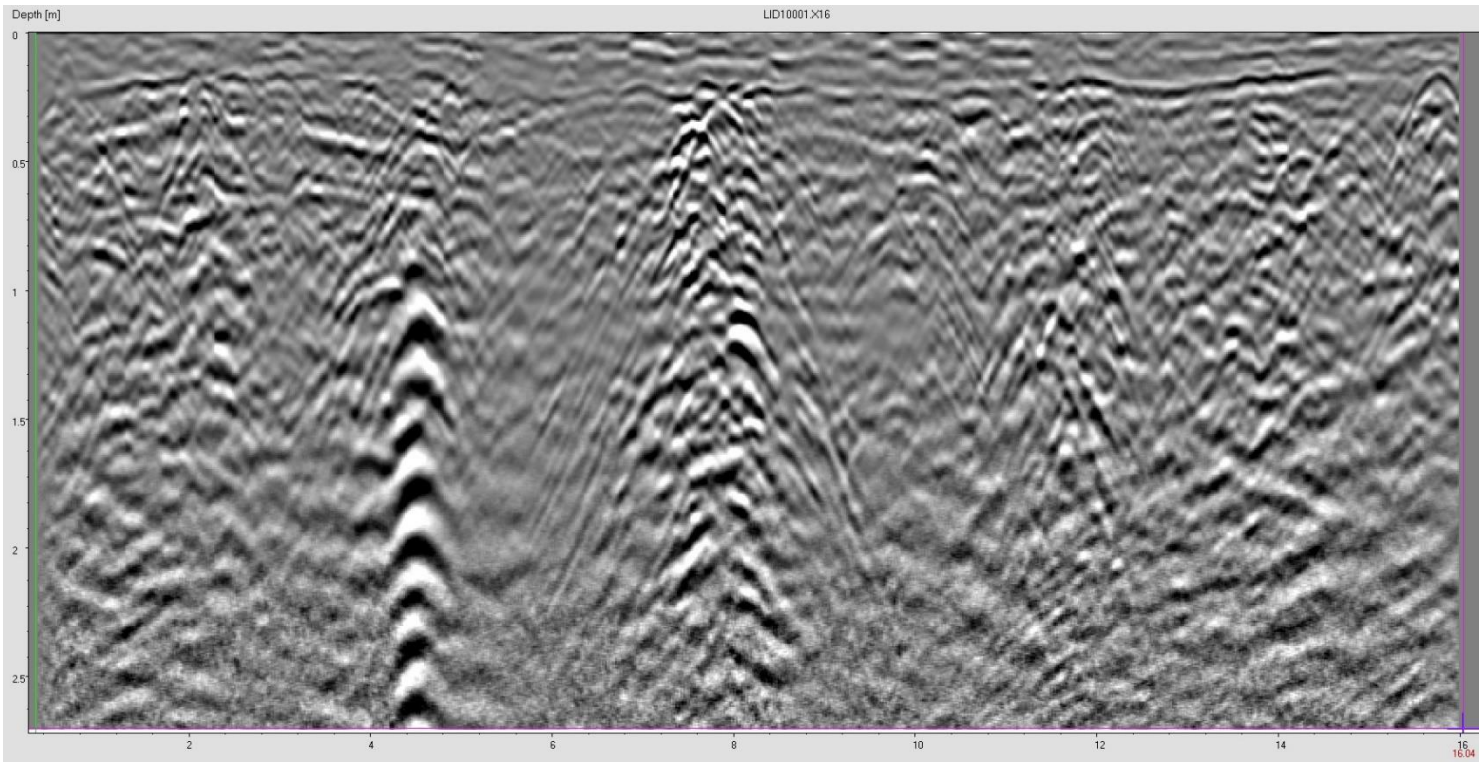


Traiettoria Georadar GEO_03

La lettura georadar GEO_03 è stata effettuata in data 07/02/2019 con direzione come indicato in planimetria. La sua lunghezza totale di lettura è 8,03 m ed ha rilevato:

- Anomalia superficiale riscontrata per l'intera lunghezza della lettura riconducibile all'armatura dei tegoli prefabbricati che costituiscono il solaio.

GEORADAR GEO_04

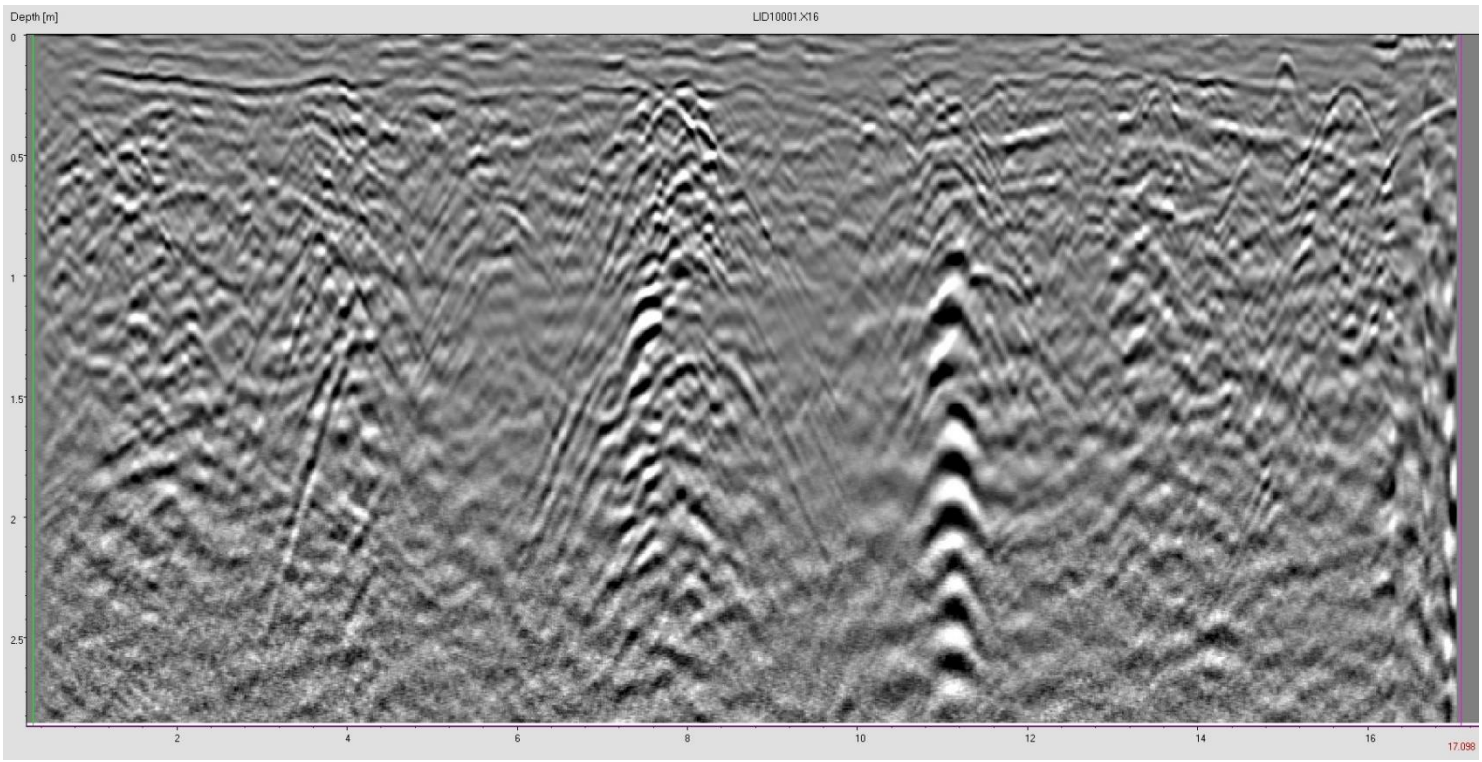


Traiettoria Georadar GEO_04

La lettura georadar GEO_04 è stata effettuata in data 07/02/2019 con direzione come indicato in planimetria. La sua lunghezza totale di lettura è 15,75 m ed ha rilevato:

- Anomalia a 8,00 m ed a 11,50 m dovuta alla presenza del plinto di fondazione.

GEORADAR GEO_05

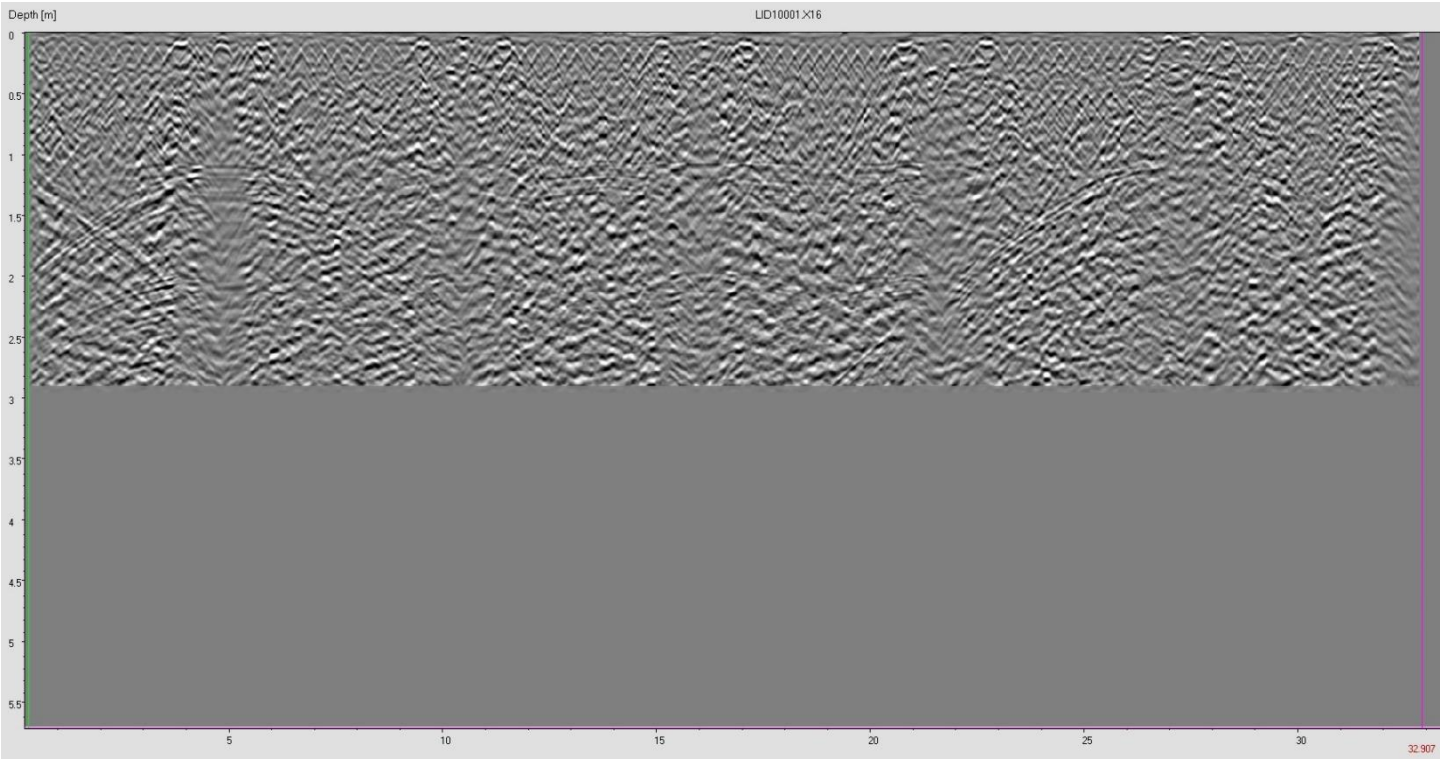


Traiettoria Georadar GEO_05

La lettura georadar GEO_05 è stata effettuata in data 07/02/2019 con direzione come indicato in planimetria. La sua lunghezza totale di lettura è 16,80 m ed ha rilevato:

- Anomalia a 7,80 m ed a 11,00 m dovuta alla presenza del plinto di fondazione.

GEORADAR GEO_06

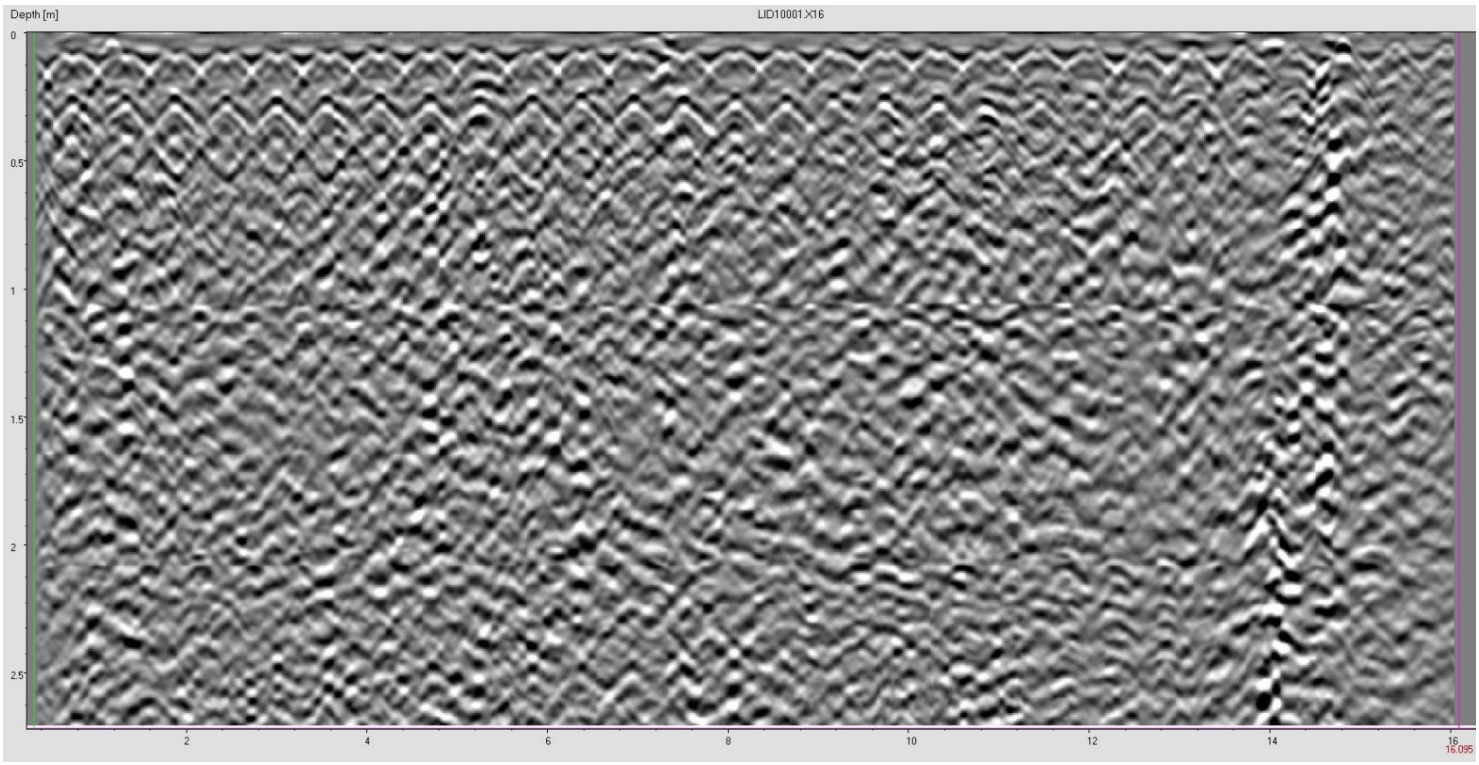


Traiettoria Georadar GEO_06

La lettura georadar GEO_06 è stata effettuata in data 07/02/2019 con direzione come indicato in planimetria. La sua lunghezza totale di lettura è 32,60 m ed ha rilevato:

- Anomalia superficiale riscontrata per l'intera lunghezza della lettura riconducibile all'armatura dei tegoli prefabbricati che costituiscono il solaio, con l'alternanza delle travi in acciaio.

GEORADAR GEO_07



Traiettoria Georadar GEO_07

La lettura georadar GEO_07 è stata effettuata in data 07/02/2019 con direzione come indicato in planimetria. La sua lunghezza totale di lettura è 15,80 m ed ha rilevato:

- Anomalia superficiale riscontrata per l'intera lunghezza della lettura riconducibile all'armatura dei tegoli prefabbricati che costituiscono il solaio.

CONCLUSIONI

Dalle indagini effettuatesi può così riassumere:

Prova di carbonatazione: Le prove di carbonatazione eseguite sul calcestruzzo dei diversi elementi indagati ha restituito sempre lo stesso esito, ovvero tutti i calcestruzzi non risultano carbonatati.

Prova durometrica: Le prove durometriche eseguite sulle barre d'armatura dei dei plinti e del nodo cordolo-solaio hanno restituito dei valori di resistenza degli acciai generalmente inferiori a quelli attesi per un **FeB22K, si ritiene comunque che gli stessi siano riconducibile alla classe FeB22K**, poiché la prova è stata eseguita ai limiti dello strumento (piccolo diametro dell'armatura e non coerente contrasto offerto dal cls dietro la barra). La prova durometrica eseguita sul profilo HEB180 (colonna P5) ha restituito dei valori di resistenza coerenti con quelli attesi per un acciaio **Fe360C**.

Pull-Out Test – Determinazione della forza di estrazione: Dall'indagine effettuata, tenendo in considerazione l'effetto conservativo delle prove di estrazione, è stata ottenuta una classe di resistenza del calcestruzzo impiegato pari a 25 MPa;

Sclerometro: Le prove sclerometriche condotte sugli elementi in c.a. hanno evidenziato una buona varianza dei risultati sclereometrici ottenuti. In particolare per la cappa del solaio nel punto P1 sono stati riscontrati i valori:

$$f_{cm,is} = f_{ck,is} + 8 = 24{,}90 + 8 = 32{,}90\ Mpa$$

$$f_{ck,pot} = f_{ck,is}/0{,}85 = 24{,}90/0{,}85 = 29{,}29\ Mpa$$

Mentre per il plinto di fondazione nel punto P2:

$$f_{cm,is} = f_{ck,is} + 8 = 10{,}79 + 8 = 18{,}79\ Mpa$$

$$f_{ck,pot} = f_{ck,is}/0{,}85 = 10{,}79/0{,}85 = 12{,}69\ Mpa$$

Prove di compressione su carote in calcestruzzo: Dal risultato delle prove a compressione eseguite sui provini cilindrici prelevati in sito sono stati ottenuti i seguenti risultati:

$$f_{c,k} = f_{c,m} - 8{,}00 = 29{,}95 - 8{,}00 = 21{,}95\ Mpa$$

$$f_{c,k\ pot} = f_{c,k}/0{,}85 = 21{,}95/0{,}85 = 25{,}82\ Mpa$$

Indagine georadar: L'indagine georadar ha generalmente evidenziato l'omogeneità della maglia degli elementi prefabbricati che costituiscono i solai e l'omogeneità delle strutture di fondazione.

Le indagini sono state eseguite in zone ben localizzate e localizzabili.

I risultati delle indagini dovranno essere assunti con senso critico dal professionista, a cui si lascia comunque l'adozione finale dei risultati ed interpretazioni.

La presente relazione presuppone che il proprietario degli immobili o chi per esso, provveda ad eseguire periodicamente tutti i lavori di manutenzione che si renderanno necessari per conservare l'integrità delle opere e quindi controllarne lo stato di conservazione, onde prevenire qualsiasi pericolo indotto dal possibile degrado degli elementi strutturali.

Monza, lì 21.02.2019

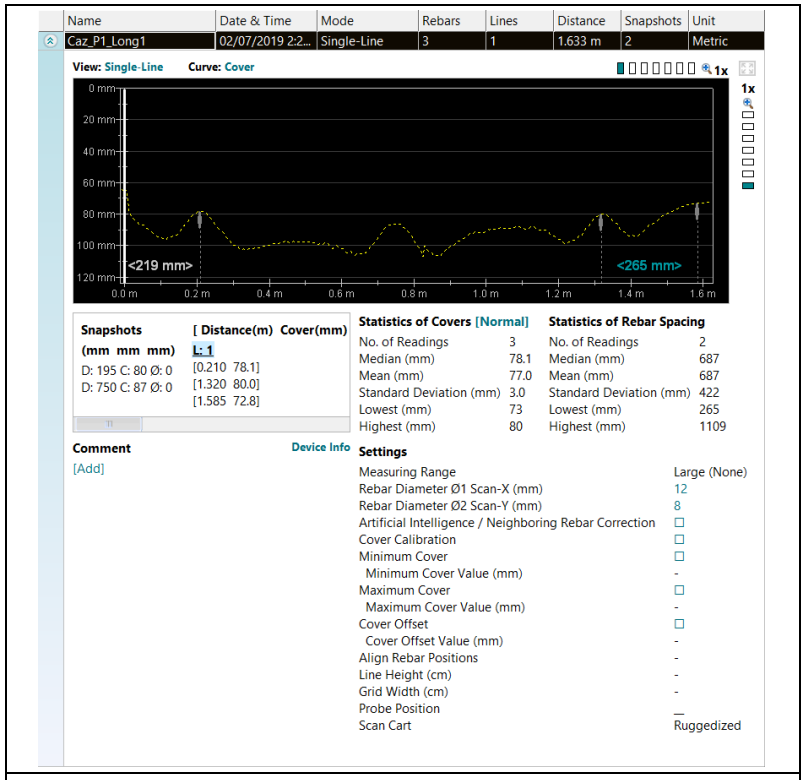
in fede

(Dott. Ing. Nicola Brini)

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI LECCO
DOTT. ING. NICOLA BRINI
a) civile e ambientale
n° A 625

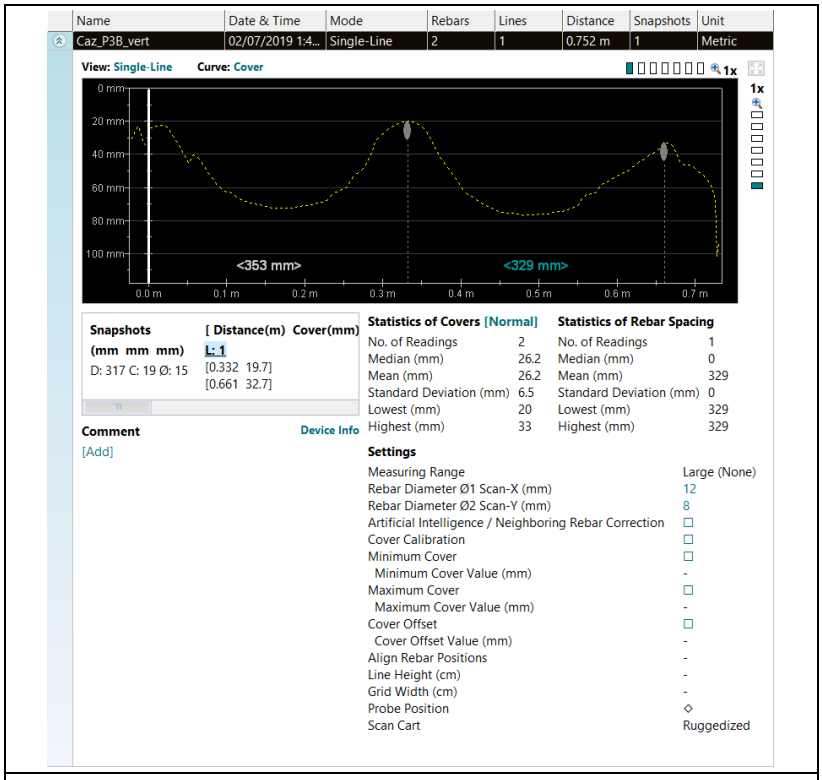
ALLEGATO 1

GRAFICI INDAGINI PACOMETRICHE

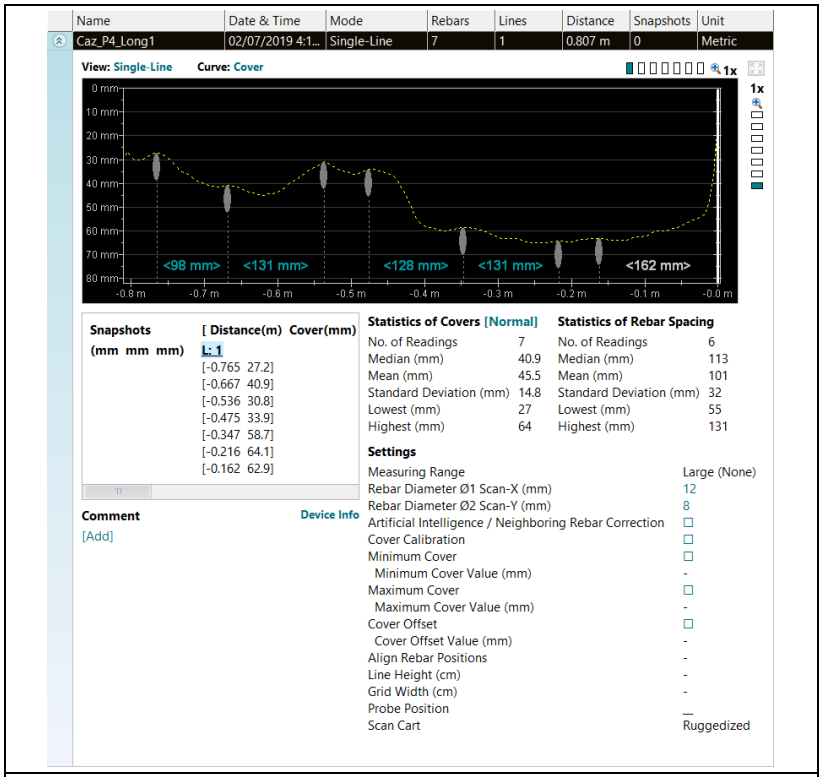


Nodo P1

Plinto P2



Plinto P3



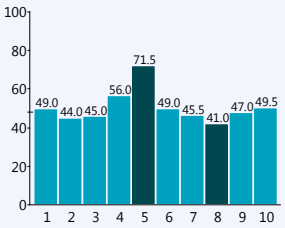
Soletta P4

ALLEGATO 2

GRAFICI INDAGINI SCLEOMETRICHEICHE

Impact counter	Name	Date & Time	Mean value	Averaging mode	Upper outliers	Lower outliers	Valid/Total	Std dev.	Conv. curve	Form factor	Carbonation factor
5998	P1-1	02/07/2019 2:36 PM	28.0 N/mm²	Mean	1	1	8/10	5.0 N/mm²	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00

Q-Values diagram [measurement order]



Q-Values
49.0
44.0
45.0
56.0
~~71.5~~
49.0
45.5
~~41.0~~
47.0
49.5

Statistics

Measurements	N = 10
Invalid measurements	Ni= 2 (20%)
Mean value	f = 28.0 N/mm² (48.1 Q)
Standard deviation	s = 5.0 N/mm² (3.8 Q)

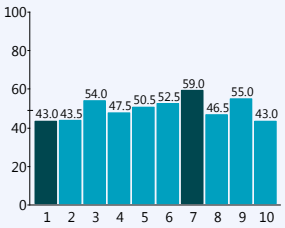
Settings

Averaging mode	Mean
Conversion curve	10-percentile curve
Form factor	Cube 150mm (100%)
Carbonation factor	1.00
Unit	N/mm²
Serial number	SH01-006-1577
Spring type	SilverSchmidt N

Comment
[Add]

6008	P1-2	02/07/2019 2:36 PM	29.0 N/mm²	Mean	1	1	8/10	6.5 N/mm²	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00

Q-Values diagram [measurement order]



Q-Values
~~43.0~~
43.5
54.0
47.5
50.5
52.5
~~59.0~~
46.5
55.0
43.0

Statistics

Measurements	N = 10
Invalid measurements	Ni= 2 (20%)
Mean value	f = 29.0 N/mm² (49.1 Q)
Standard deviation	s = 6.5 N/mm² (4.6 Q)

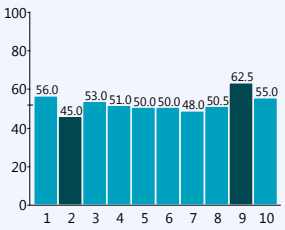
Settings

Averaging mode	Mean
Conversion curve	10-percentile curve
Form factor	Cube 150mm (100%)
Carbonation factor	1.00
Unit	N/mm²
Serial number	SH01-006-1577
Spring type	SilverSchmidt N

Comment
[Add]

6018	P1-3	02/07/2019 2:37 PM	33.0 N/mm²	Mean	1	1	8/10	4.5 N/mm²	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00

Q-Values diagram [measurement order]



Q-Values
56.0
~~45.0~~
53.0
51.0
50.0
50.0
48.0
50.5
~~62.5~~
55.0

Statistics

Measurements	N = 10
Invalid measurements	Ni= 2 (20%)
Mean value	f = 33.0 N/mm² (51.7 Q)
Standard deviation	s = 4.5 N/mm² (2.7 Q)

Settings

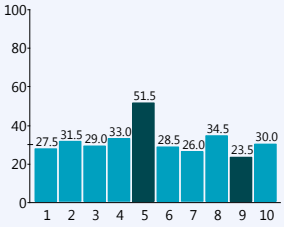
Averaging mode	Mean
Conversion curve	10-percentile curve
Form factor	Cube 150mm (100%)
Carbonation factor	1.00
Unit	N/mm²
Serial number	SH01-006-1577
Spring type	SilverSchmidt N

Comment
[Add]

Nodo P1 – Cappa solaio

Impact counter	Name	Date & Time	Mean value	Averaging mode	Upper outliers	Lower outliers	Valid/Total	Std dev.	Conv. curve	Form factor	Carbonation facto
5968	P2-1	02/07/2019 10:48 AM	11.5 N/mm²	Mean	1	1	8/10	1.8 N/mm²	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00

Q-Values diagram [measurement order]



Q-Values
27.5
31.5
29.0
33.0
~~51.5~~
28.5
26.0
34.5
~~23.5~~
30.0

Statistics

Measurements	N = 10
Invalid measurements	Ni= 2 (20%)
Mean value	f = 11.5 N/mm² (30.0 Q)
Standard deviation	s = 1.8 N/mm² (2.9 Q)

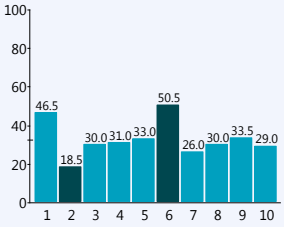
Settings

Averaging mode	Mean
Conversion curve	10-percentile curve
Form factor	Cube 150mm (100%)
Carbonation factor	1.00
Unit	N/mm²
Serial number	SH01-006-1577
Spring type	SilverSchmidt N

Comment
[Add]

5978	P2-2	02/07/2019 10:50 AM	13.0 N/mm²	Mean	1	1	8/10	4.0 N/mm²	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00

Q-Values diagram [measurement order]



Q-Values
46.5
~~18.5~~
30.0
31.0
33.0
~~50.5~~
26.0
30.0
33.5
29.0

Statistics

Measurements	N = 10
Invalid measurements	Ni= 2 (20%)
Mean value	f = 13.0 N/mm² (32.4 Q)
Standard deviation	s = 4.0 N/mm² (6.2 Q)

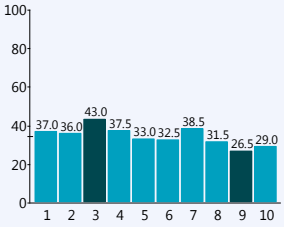
Settings

Averaging mode	Mean
Conversion curve	10-percentile curve
Form factor	Cube 150mm (100%)
Carbonation factor	1.00
Unit	N/mm²
Serial number	SH01-006-1577
Spring type	SilverSchmidt N

Comment
[Add]

5988	P2-3	02/07/2019 10:51 AM	14.5 N/mm²	Mean	1	1	8/10	2.3 N/mm²	10-percentile curve	Cube 150mm (100%)	1.00

Q-Values diagram [measurement order]



Q-Values
37.0
36.0
~~43.0~~
37.5
33.0
32.5
38.5
31.5
~~26.5~~
29.0

Statistics

Measurements	N = 10
Invalid measurements	Ni= 2 (20%)
Mean value	f = 14.5 N/mm² (34.4 Q)
Standard deviation	s = 2.3 N/mm² (3.4 Q)

Settings

Averaging mode	Mean
Conversion curve	10-percentile curve
Form factor	Cube 150mm (100%)
Carbonation factor	1.00
Unit	N/mm²
Serial number	SH01-006-1577
Spring type	SilverSchmidt N

Comment
[Add]

Plinto P2