



**EXPERIMENTATIONS S.r.l.**

Rilievi, monitoraggi, ispezioni, elaborazione dati, certificazioni e prove sperimentali di prodotti da costruzione, strutture, terreni e materiali in sito ed in laboratorio

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (art. 59 del D.P.R. 380/2001) settori:

- Materiali da costruzione – Settore A - (Legge n. 1086/71) Decreto n. 38194 del 14/01/1994 e successivi
- Terre e Rocce – Settori A e B - Decreto n. 54349 del 16/02/2006 e successivi

Organismo di Ispezione, Certificazione e Prova settore:

- Prodotti da costruzione ai sensi del Regolamento (UE) n. 305/2011 - Notifica n. 1676



## RELAZIONE 12049-RO3PA/19\_Rev.0 DEL 10/07/2019

(Rif. Commessa 12049-RO3P/19)

OGGETTO: INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE  
 ISTITUTO OMNICOMPRESIVO "A. FANFANI – A. M. CAMAITI"  
 CONVITTO "EDIFICIO A" – PIEVE SANTO STEFANO (AR)



**COMMITTENTE:** PROVINCIA DI AREZZO

Piazza della Liberà, 3 – Arezzo

Sperimentatore	Responsabile Cantiere	Elaborazione dati
Dipl. Andrea Marconi 	P.J. Cristiano Traccucci 	Dott. Ing. Riccardo Buratta 

**BUREAU VERITAS**  
Certification



## EXPERIMENTATIONS SRL

**Sede Legale:**

Via Yurj Gagarin, 69 - Fraz. San Mariano – 06073 CORCIANO (PG)

**Sede Operativa:**

Via Yurj Gagarin, 69/71 - Fraz. San Mariano - 06073 CORCIANO (PG)

*Bureau Veritas Italia spa certifica che il sistema di gestione dell'organizzazione sopra indicata è stato valutato e giudicato conforme ai requisiti della norma di sistema di gestione seguente*  
**Norma**

## ISO 9001:2015

*Campo di applicazione*

Rilievi, monitoraggi, ispezioni, elaborazione dati, certificazioni e prove sperimentali di prodotti da costruzione, strutture, terreni e materiali in sito ed in laboratorio.

Sistema di gestione valutato secondo le prescrizioni del Regolamento Tecnico RT-05

Settore/i EA di attività: **28,34**

Data d'inizio del presente ciclo di certificazione: **27 aprile 2018**

Soggetto al continuo e soddisfacente mantenimento del sistema di gestione questo certificato è valido fino al: **27 aprile 2021**

Data della certificazione originale: **28 ottobre 2014**

Certificato N. **IT260359**

Rev. N. 1 del: **27 aprile 2018**

*Copia*

  
**ANDREA PILIPPI** - Local Technical Manager

Indirizzo dell'organismo di certificazione: Bureau Veritas Italia SpA Viale Monza, 347 - 20126 Milano, Italia

La presente certificazione si intende riferita agli aspetti gestionali dell'impresa nel suo complesso ed è utilizzabile ai fini della qualificazione delle imprese di costruzione ai sensi dell'articolo 84 Del D. Lgs. 50/2016 e s.m.i. e Linee Guida Anac applicabili.

La validità del presente certificato è consultabile sul sito <http://www.bureauveritas.it/certificate>

Per informazioni puntuali e aggiornate circa eventuali variazioni intervenute nello stato della certificazione di cui al presente certificato, si prega contattare l'indirizzo e-mail [registro.certificati@it.bureauveritas](mailto:registro.certificati@it.bureauveritas)



SGQ	N° 009A	SGE	N° 009M
SGA	N° 008D	EMAS	N° 004P
PRD	N° 005B	GHG	N° 008O
SCR	N° 008F	ISP	N° 006E
FSMS	N° 003I	SSI	N° 013G
PAS	N° 076C		

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA e IAF  
Signatory of EA and IAF mutual Recognition Agreements

## INDICE

<b>INDICE .....</b>	<b>3</b>
<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>1. INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE .....</b>	<b>5</b>
1.1. INDAGINI MAGNETOMETRICHE .....	5
1.2. SAGGI STRUTTURALI SU ELEMENTI IN C.A. ....	5
1.3. PRELIEVI DI CAROTE IN CALCESTRUZZO PER ESECUZIONE DI PROVE DI LABORATORIO .....	6
1.4. PRELIEVI DI BARRE DI ARMATURA PER ESECUZIONE DI PROVE DI LABORATORIO .....	6
<b>2. RAPPORTO DI PROVA – INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE.....</b>	<b>7</b>
<b>ALLEGATO A. METODOLOGIA DELLE INDAGINI SPERIMENTALI .....</b>	<b>I</b>
A.1. INDAGINI MAGNETOMETRICHE .....	II
A.2. PROVE DI COMPRESSIONE SUI CALCESTRUZZI .....	III
A.3. PROVE DI TRAZIONE SU BARRE DI ACCIAIO .....	V
A.4. ATTREZZATURE UTILIZZATE .....	V

## PREMESSA

La EXPERIMENTATIONS S.r.l. è stata incaricata dell'esecuzione di indagini sperimentali su materiali e strutture presso il Convitto "Edificio A" dell'Istituto Omnicomprensivo "A. Fanfani – A. M. Camaiti", in Via San Lorenzo – Belvedere a Pieve Santo Stefano (AR).

Le indagini effettuate si articolano come indicato nella tabella seguente:

TIPOLOGIA INDAGINE	NUMEROSITÀ
Indagini magnetometriche	8
Saggi strutturali su elementi in c.a.	4
Prelievi di carote in calcestruzzo per esecuzione di prove di Laboratorio	6
Prelievi di barre di armatura per esecuzione di prove di Laboratorio	4

Tali indagini, effettuate per conto della PROVINCIA DI AREZZO – Piazza della Liberà, 3 – Arezzo, sono state eseguite nei giorni 12-13-14-16 e 17 Giugno 2019 dai seguenti Tecnici:

<i>P.I. Cristiano Traccucci</i>	<i>Sperimentatore prove esterne</i>
<i>Dipl. Andrea Marconi</i>	<i>Sperimentatore prove esterne</i>

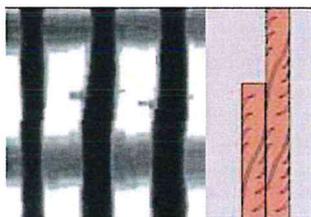
## 1. INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE

### 1.1. INDAGINI MAGNETOMETRICHE

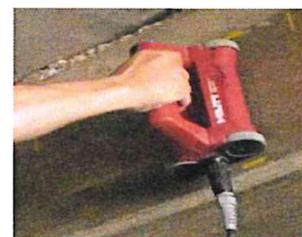
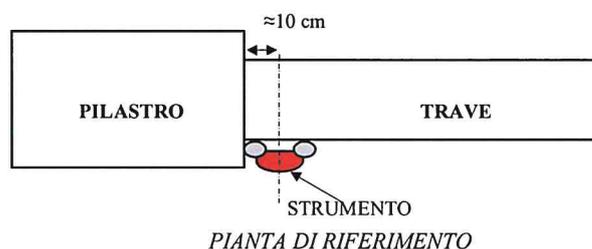
Tali indagini vengono eseguite sull'elemento strutturale indagato mediante scanner ad alta risoluzione per evidenziare la disposizione delle barre di armatura. La necessità di eseguire tale fase operativa è anche legata all'esigenza di evitare l'intercettamento delle barre durante l'esecuzione delle battute sclerometriche, delle letture ultrasoniche e durante l'operazione di carotaggio. Lo scanner utilizzato genera un campo magnetico tra i poli della sonda e quantifica, tramite lo strumento di misura, l'interferenza tra la sonda e un corpo magnetico (barra di armatura). In alcuni casi quando le barre di armatura sono particolarmente ravvicinate, diventa difficoltosa la loro corretta ubicazione. Lo scanner può essere utilizzato in due modalità:

- la modalità *quickscan* consente solo il rilievo della disposizione delle barre di armatura;
- la modalità *imagescan* consente oltre al rilievo anche l'acquisizione di immagini che, elaborate tramite apposito software, permettono di effettuare, in alcuni casi, la stima del diametro delle barre di armature.

Le barre di armatura che si trovano al di sotto dell'armatura superiore, non sempre possono essere localizzati; ugualmente accade per barre sovrapposte (vedi pagina seguente).



*N.B. Data la configurazione dello scanner in casi particolari, come quello riportato nello schema sottostante, lo strumento non può rilevare l'eventuale presenza di armature nei primi 10 cm.*



### 1.2. SAGGI STRUTTURALI SU ELEMENTI IN C.A.

Sono stati eseguiti saggi strutturali su elementi in c.a., attraverso la rimozione tramite scalpellatura dell'eventuale intonaco e del copriferro, al fine di stimare tipologia e diametro delle barre di armatura presenti.

### 1.3. PRELIEVI DI CAROTE IN CALCESTRUZZO PER ESECUZIONE DI PROVE DI LABORATORIO

L'estrazione di carote viene di regola eseguita mediante una carotatrice di tipo adatto alla durezza del calcestruzzo ed al tipo di aggregato in esso contenuto. Il criterio che viene seguito nel corso dei prelievi è di ridurre al minimo il danneggiamento provocato dall'estrazione sul campione. Nel movimento di avanzamento la carotatrice deve essere esente da vibrazioni, per assicurare che il diametro della carota sia costante ed il suo asse rettilineo; pertanto essa deve essere rigida e correttamente ancorata. Il prelievo viene eseguito in posizione centrale su una area prestabilita, in direzione ortogonale alla superficie. Le norme di riferimento per l'estrazione di campioni di calcestruzzo indurito e per l'esecuzione in Laboratorio delle prove di compressione sono la UNI EN 12504-1 e la UNI EN 12390-3; per l'esecuzione dei rilievi microsismici la UNI EN 12504-4.

### 1.4. PRELIEVI DI BARRE DI ARMATURA PER ESECUZIONE DI PROVE DI LABORATORIO

Tali indagini sono state eseguite su elementi in cemento armato nei quali si è provveduto ad individuare, tramite scanner per indagini magnetometriche, la barra interessata dal prelievo. Mediante trapano a percussione è stato asportato il calcestruzzo di copriferro, in modo da scoprire e permettere il prelievo del tratto di barra di acciaio sufficientemente lungo per l'esecuzione delle prove di Laboratorio. Successivamente al prelievo sono state ripristinate le condizioni iniziali dell'elemento strutturale indagato. Per l'esecuzione in Laboratorio della prova di trazione su barra in acciaio, la norma di riferimento è: UNI EN ISO 15630-1.

Tutte le zone sottoposte ad indagine sono state indicate dai Tecnici Incaricati dalla Committenza.

*Nel "Rapporto di prova – Indagini sperimentali su materiali e strutture" sono riportate le dislocazioni delle indagini, le elaborazioni delle prove eseguite e la documentazione fotografica.*

*In "Allegato A – Metodologia delle indagini sperimentali" vengono riportate le metodologie delle indagini eseguite.*

## **2. RAPPORTO DI PROVA – INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE**

- LEGENDA	Pag. 08
- DISLOCAZIONE PIANO TERRA	Pag. 09
- DISLOCAZIONE PIANO PRIMO	Pag. 15

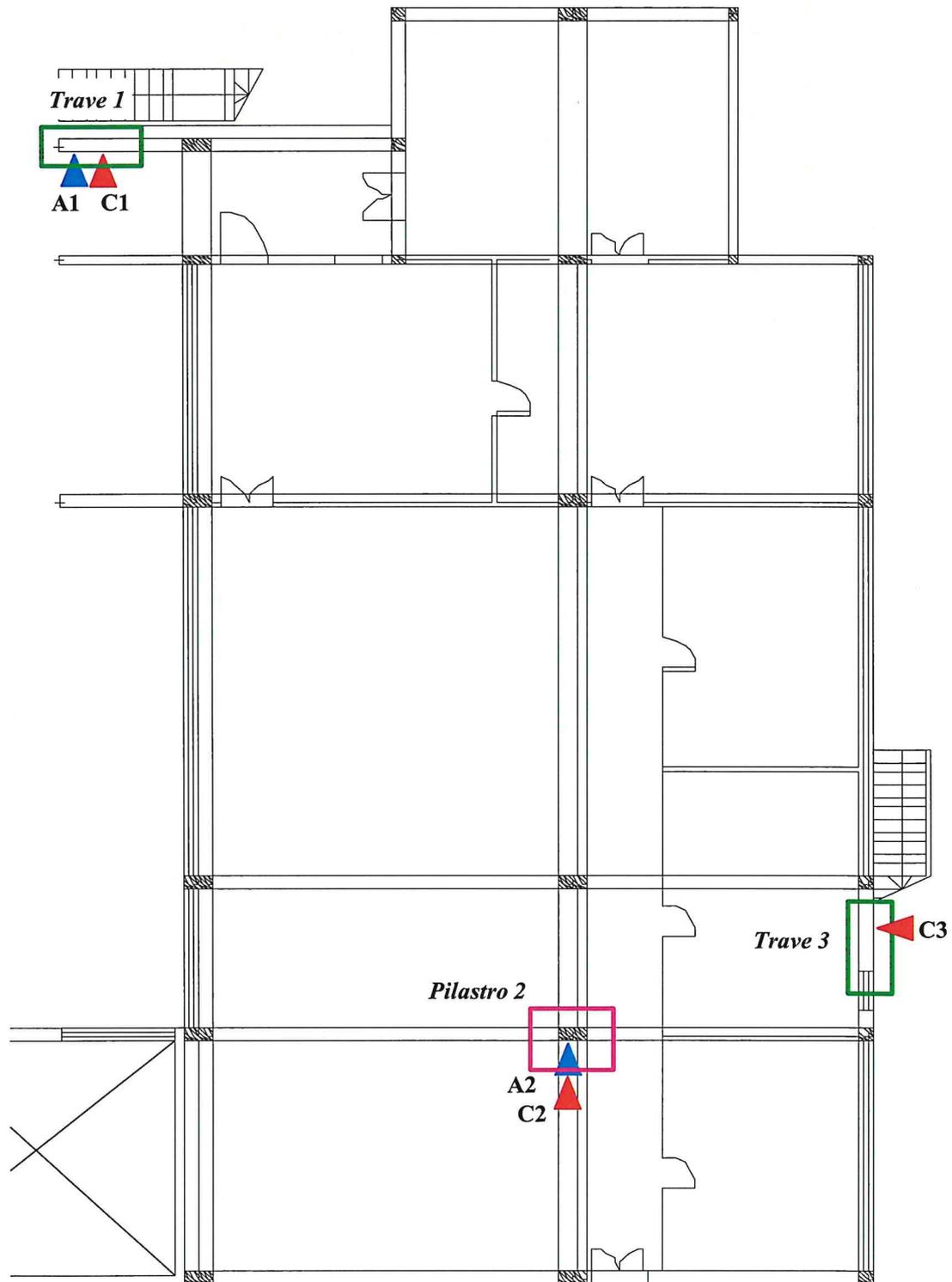
INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE

LEGENDA	
	Pilastro / Setto indagato n.
	Trave indagata n.
	Cn. = Prelievo di carota in calcestruzzo h=xx cm Altezza del prelievo dal piano di calpestio
	An. = Prelievo di barra di armatura
	IMSn. = Indagine magnetometrica n. (pachometro)
	Barra di armatura rilevata direttamente
	*Barra di armatura rilevata con indagine magnetometrica in modalità <i>imagescan</i>
	**Barra verticale/longitudinale o staffa rilevata in modalità <i>quickscan</i>

\*La modalità *imagescan* consente, oltre al rilievo, anche l'acquisizione di immagini scanner che, elaborate con apposito software, permettono in alcuni casi, di effettuare la stima delle barre di armatura.

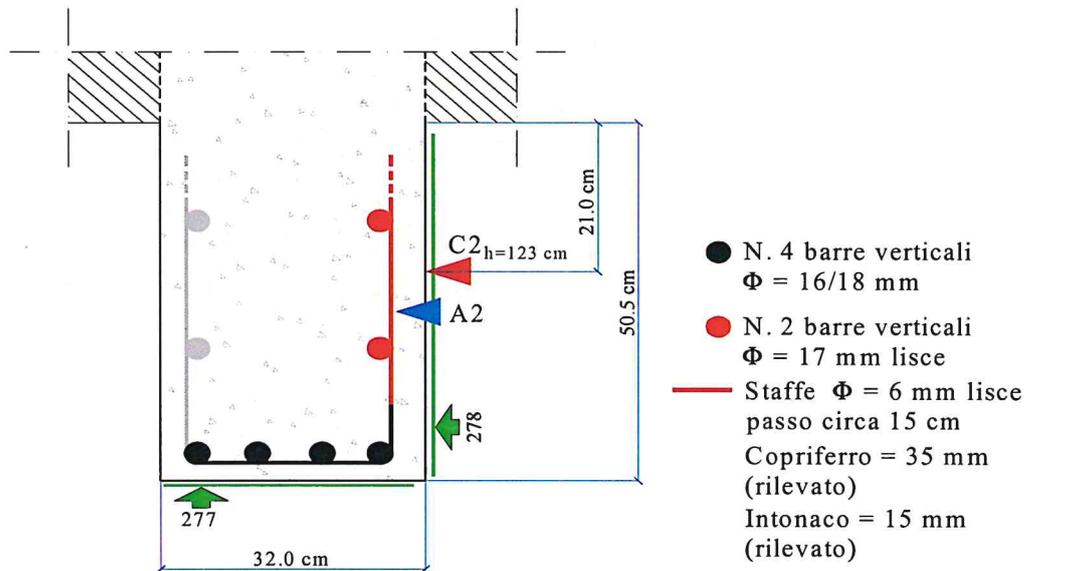
\*\*La modalità *quickscan* consente solo il rilievo della disposizione delle barre di armatura.

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE  
**DISLOCAZIONE ELEMENTI INDAGATI**

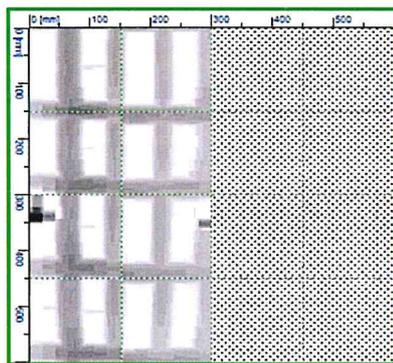


**PIANTA PILASTRI PIANO TERRA  
 E TRAVI PIANO PRIMO**

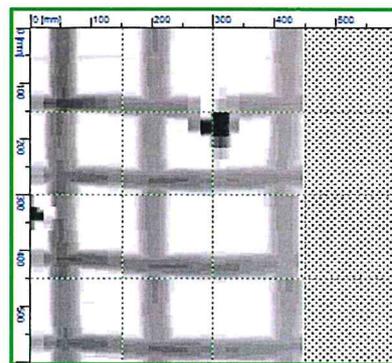
INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE  
**PILASTRO 2 - PIANO TERRA**  
**SCHEMA GRAFICO E INDAGINE MAGNETOMETRICA**



**PIANTA**      NOTA: misure comprensive di intonaco pari a 5 mm

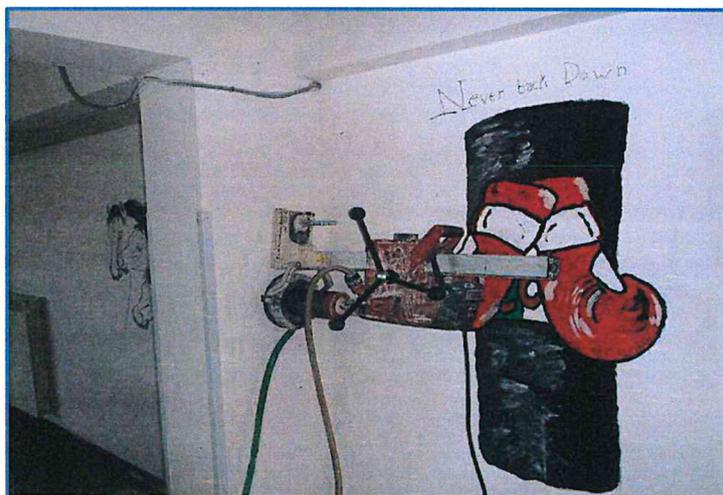


277

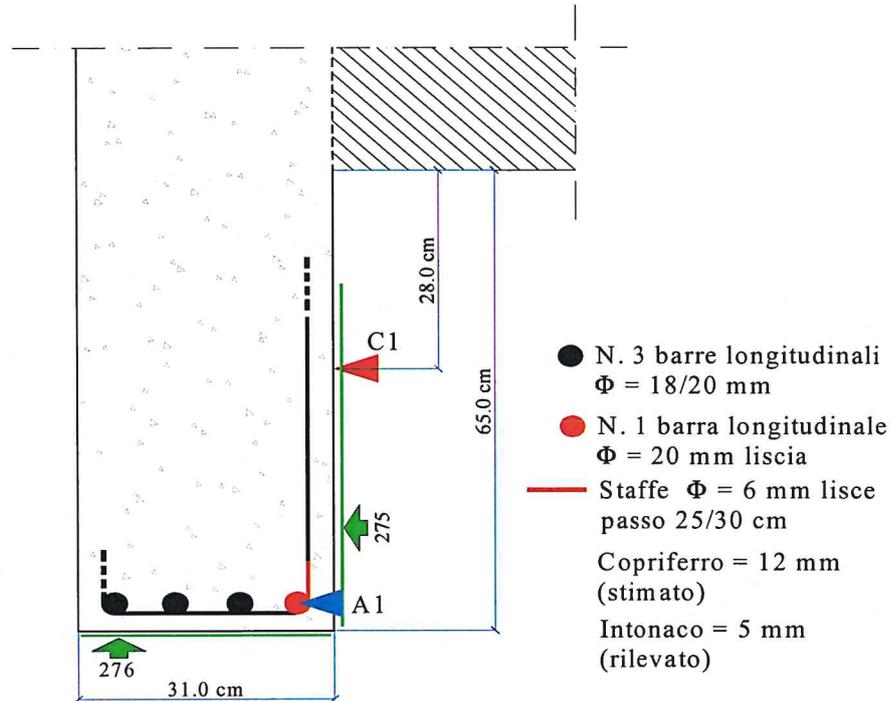


278

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE  
PILASTRO 2 - PIANO TERRA  
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

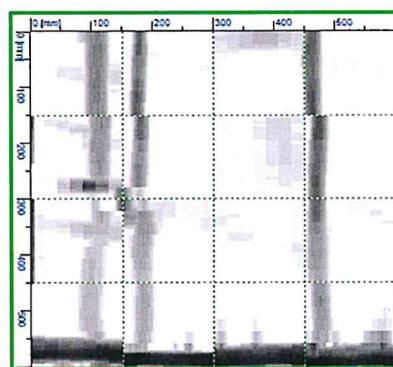


INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE  
**TRAVE 1 - PIANO PRIMO**  
 SCHEMA GRAFICO E INDAGINE MAGNETOMETRICA

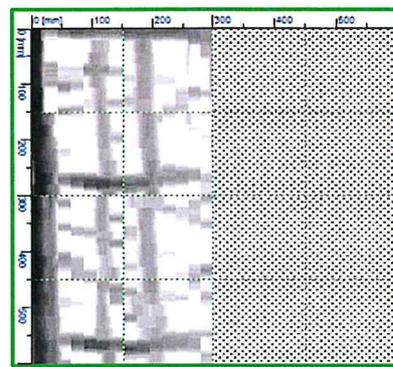


NOTA: la presenza di angolari metallici sulla trave disturbano la stima dei diametri delle barre sugli angoli della sezione della trave.

**SEZIONE a 62 cm  
 DA BORDO LIBERO**

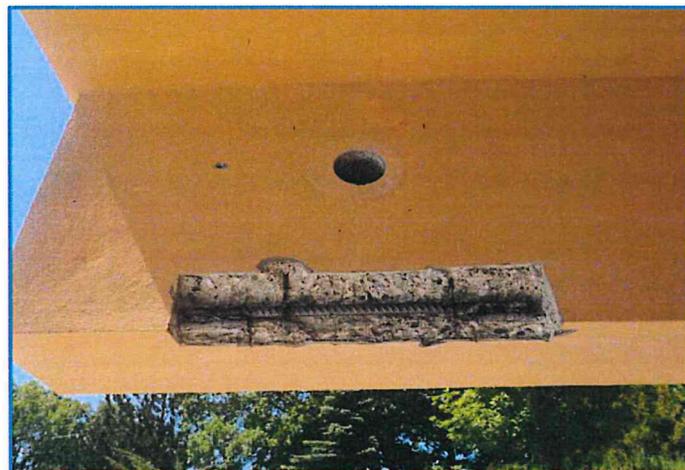


275

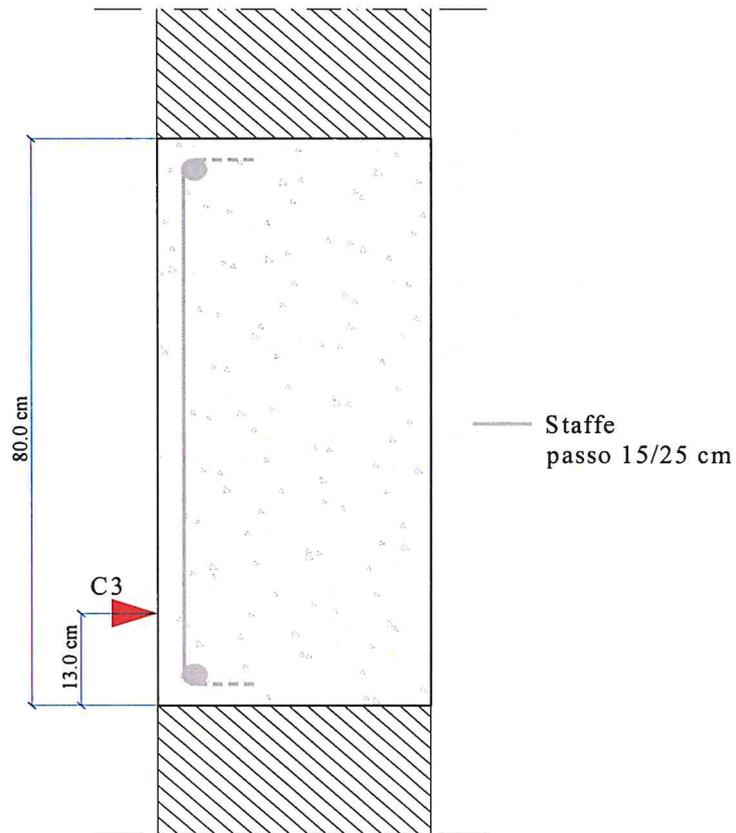


276

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE  
**TRAVE 1 - PIANO PRIMO**  
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

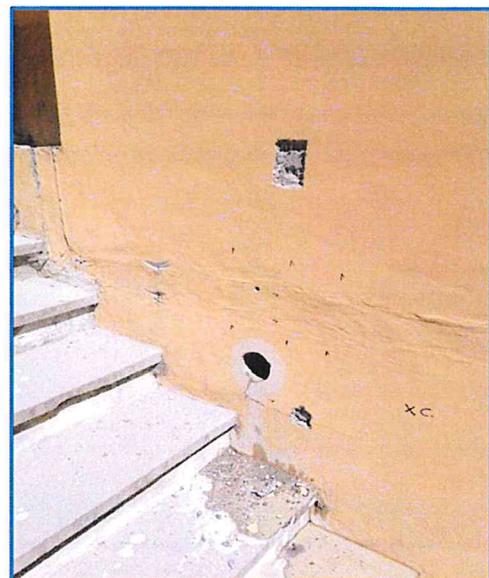
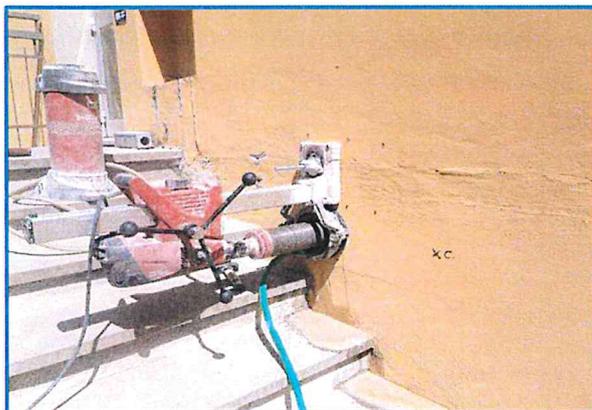


INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE  
**TRAVE 3 - PIANO PRIMO**  
**SCHEMA GRAFICO**

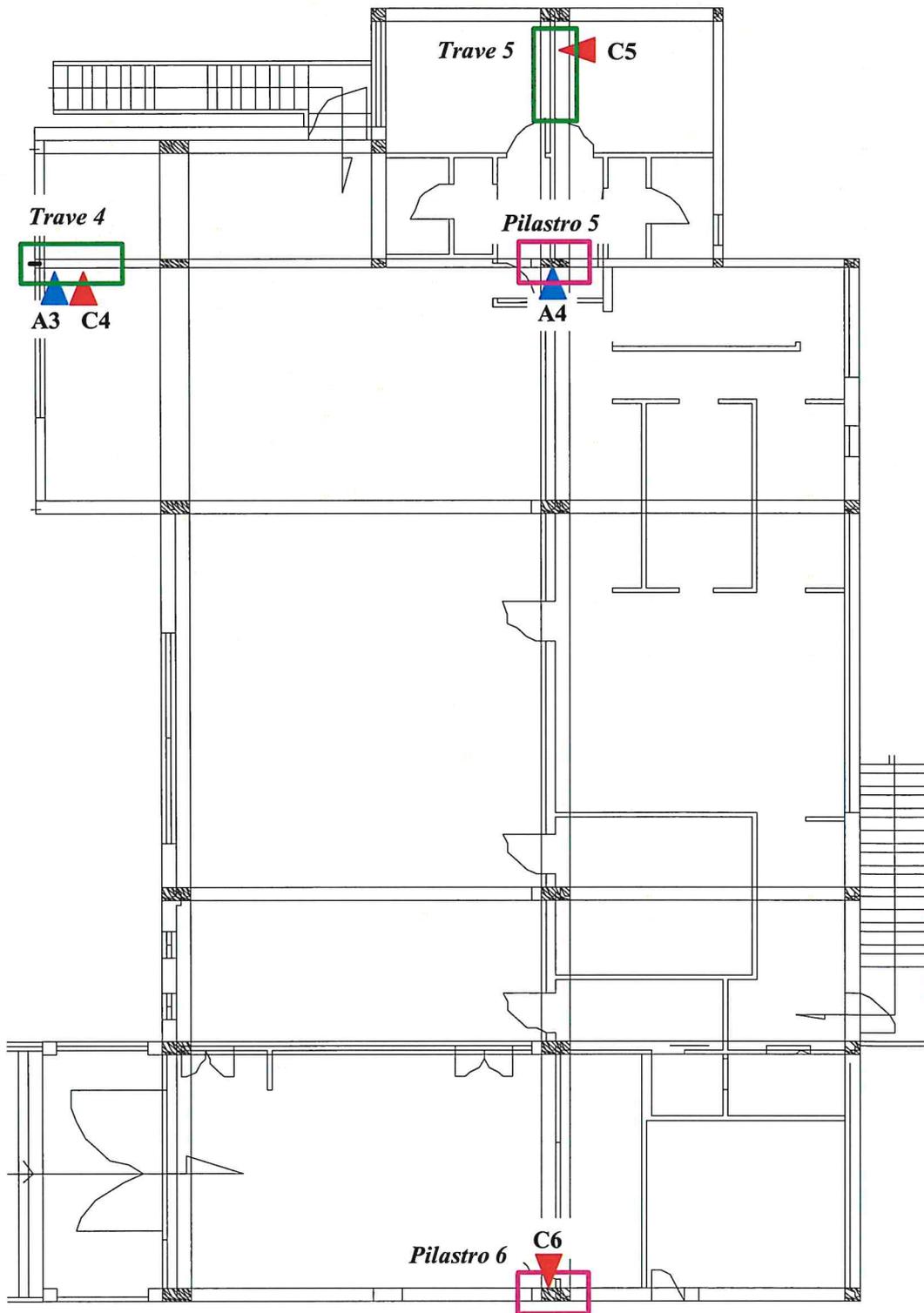


**SEZIONE a 78 cm**  
**DA PILASTRO**

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

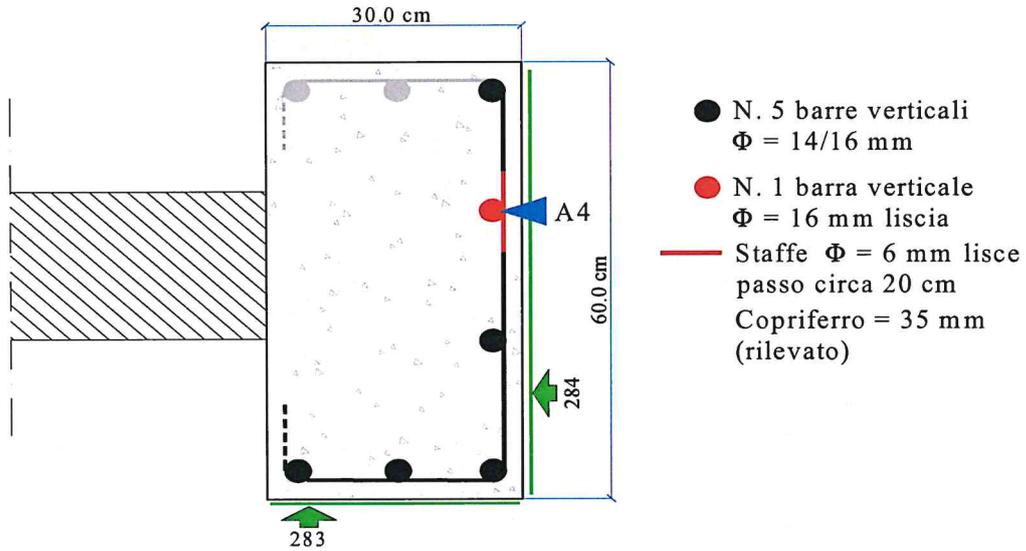


INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE  
 DISLOCAZIONE ELEMENTI INDAGATI

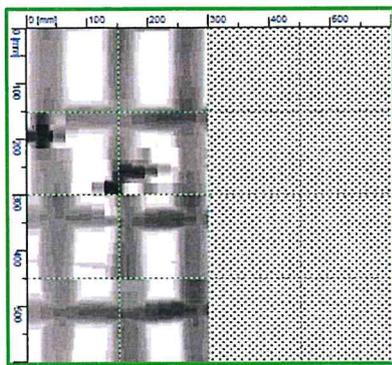


PIANTA PILASTRI PIANO PRIMO  
 E TRAVI PIANO COPERTURA

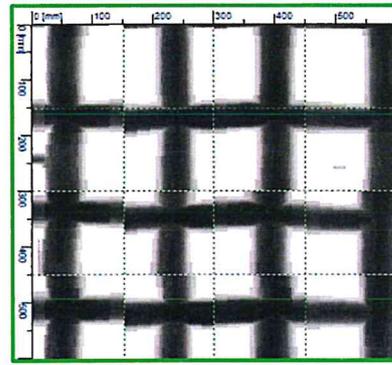
INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE  
**PILASTRO 5 - PIANO PRIMO**  
 SCHEMA GRAFICO E INDAGINE MAGNETOMETRICA



**PIANTA**



283

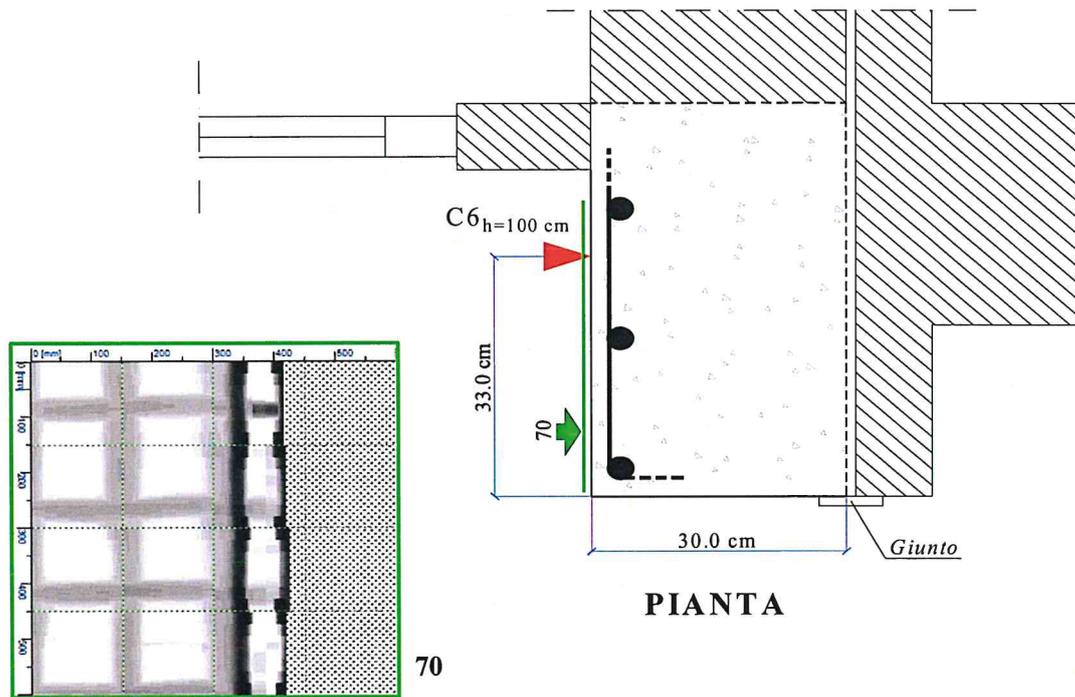


284

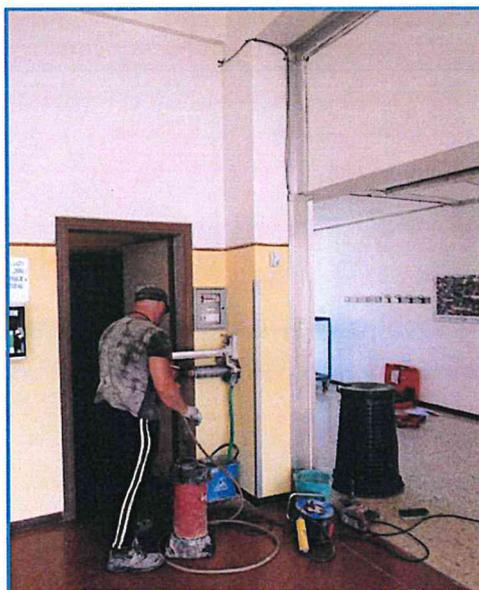
**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



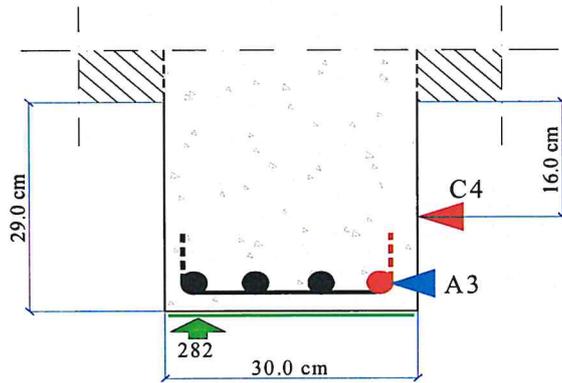
INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE  
**PILASTRO 6 - PIANO PRIMO**  
 SCHEMA GRAFICO E INDAGINE MAGNETOMETRICA



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

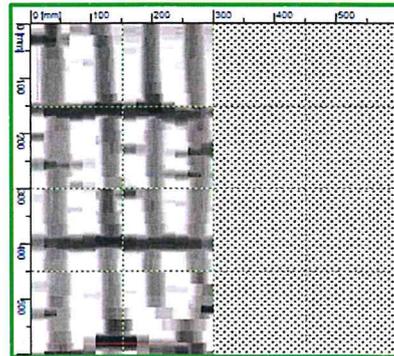


INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE  
**TRAVE 4 - PIANO COPERTURA**  
**SCHEMA GRAFICO E INDAGINE MAGNETOMETRICA**

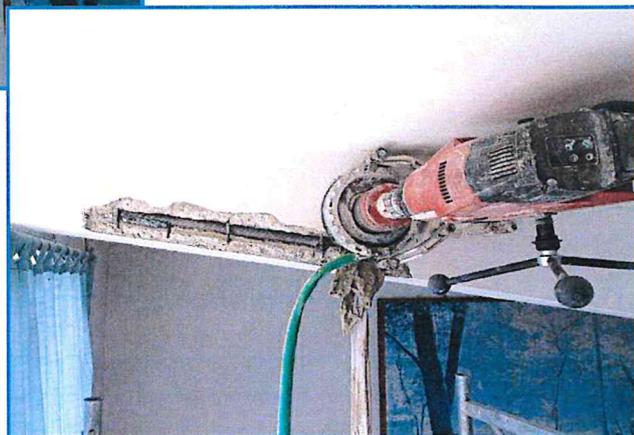


- N. 3 barre longitudinali  
 $\Phi = 16/18 \text{ mm}$
- N. 1 barra longitudinale  
 $\Phi = 18 \text{ mm}$  liscia
- Staffe  $\Phi = 6 \text{ mm}$  lisce  
 passo circa 25 cm
- Copriferro = 10 mm  
 (stimato)

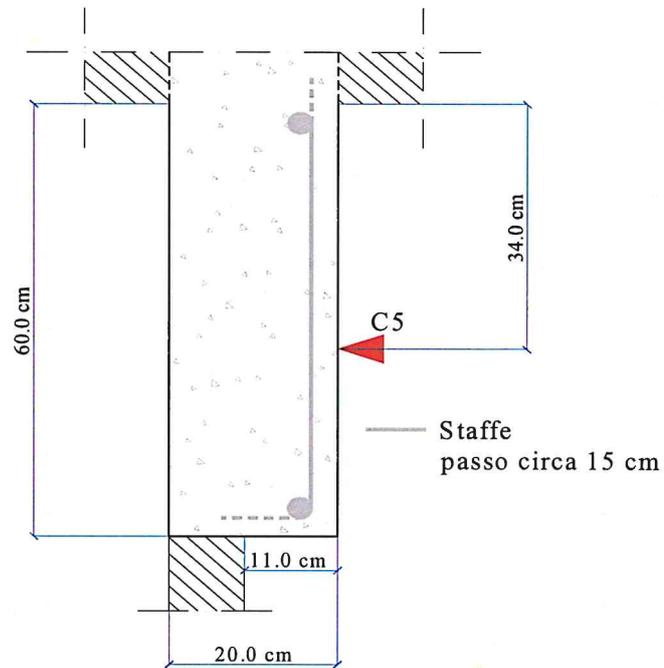
**SEZIONE a 90 cm  
 DA BORDO LIBERO**



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE  
**TRAVE 5 - PIANO COPERTURA**  
**SCHEMA GRAFICO**



**SEZIONE a 110 cm**  
**DA PILASTRO**

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



## **ALLEGATO A. METODOLOGIA DELLE INDAGINI SPERIMENTALI**

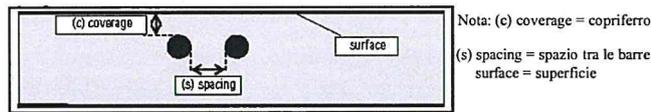
A.1. INDAGINI MAGNETOMETRICHE

A.1.1. Capacità di misurazione del sistema e condizioni

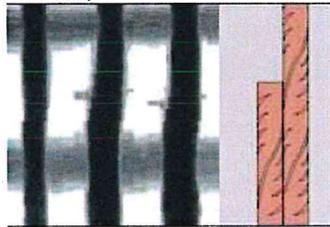
È necessario che siano soddisfatte le seguenti condizioni per ottenere valori di lettura affidabili:

- superficie del calcestruzzo liscia e piatta
- ferri d'armatura non corrosi
- armatura parallela alla superficie
- il calcestruzzo non deve contenere alcun tipo di materiale inerte o componenti con caratteristiche magnetiche
- i ferri d'armatura sono disposti verticalmente, con una precisione del  $\pm 5^\circ$ , rispetto al senso di scansione
- i ferri d'armatura non sono saldati
- i ferri contigui hanno un diametro simile
- i ferri contigui si trovano alla stessa profondità
- nessun effetto di disturbo proveniente da campi magnetici esterni o da oggetti, presenti nelle immediate vicinanze, dotati di proprietà magnetiche
- i ferri d'armatura hanno una permeabilità magnetica relativa di 85–105
- le ruote dello scanner sono pulite e non presentano tracce di sabbia o altro sporco simile
- tutte e 4 le ruote dello scanner scorrono sull'oggetto da misurare

Se una o più di queste condizioni non vengono soddisfatte, la precisione del rilevamento può risultarne compromessa. Il rapporto distanza ferri/copriferro (s/c) rappresenta spesso un limite nella individuazione dei ferri singoli.



Distanza minima barre 36 mm per l'individuazione di barre d'armatura singole, oppure distanza ferri/copriferro (s/c) 1,5 / 1, in base al valore superiore. Per una misurazione della profondità è necessaria una profondità minima di 10 mm. Le barre di armatura che si trovano al di sotto dell'armatura superiore, non sempre possono essere localizzati; ugualmente accade per barre sovrapposte (vedi schema PAGINA SEGUENTE).



A.1.2. Precisione nella stima del copriferro (profondità)

La precisione nella stima del copri ferro in funzione del diametro rilevato, è riportata nella tabella sottostante

Diametro rilevato	Misura rilevata del Copriferro (profondità)								
	[mm]								
	20	40	60	80	100	120	140	160	180
6	±3	±3	±4	±6	±8	O	X	X	X
8	±3	±3	±4	±6	±8	O	O	X	X
10	±3	±3	±4	±6	±8	O	O	X	X
12	±3	±3	±4	±6	±8	±12	O	X	X
14	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	X	X
16	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	X	X
20	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	X	X
25	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	X	X
28	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	X	X
30	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	X	X

Il valore indica la precisione tipica della misurazione di profondità (scostamento dal valore effettivo) in mm.  
 O: a questa profondità è possibile individuare la barra di armatura, tuttavia non può essere stimata la profondità.  
 X: a questa profondità non è possibile individuare la barra di armatura.

#### A.1.3. Precisione nella stima del diametro delle barre di armatura

Diametro standard  $\pm 1$  mm, dove il rapporto distanza ferri/copriferro  $\geq 1,5 / 1$ .

#### A.1.4. Precisione nella localizzazione delle barre di armatura

Misurazione relativa del centro della barra (tutte le modalità operative): standard  $\pm 3$  mm, dove il rapporto distanza ferri/copriferro  $\geq 1,5 / 1$ .

#### A.1.5. Modalità di utilizzo dello strumento

Il pachometro può essere utilizzato in due modalità: la modalità quickscan e la modalità imagescan.

La modalità Quickscan può essere utilizzata per determinare velocemente la posizione dei ferri d'armatura, che verranno quindi segnati sulla superficie analizzata. Questo procedimento viene definito Rilevamento Quickscan (a scansione rapida). Lo scanner rileva solo le barre d'armatura che sono verticali rispetto al senso della scansione. Le barre che sono parallele rispetto al senso della scansione non vengono invece rilevate. Per questo motivo ci si deve accertare che la scansione dell'oggetto avvenga sia in senso orizzontale, sia verticale. Per barre d'armatura che si trovino in posizione obliqua rispetto al senso della scansione, potrebbe eventualmente essere calcolata una profondità errata.

La modalità Imagescan viene utilizzata per creare un'immagine della disposizione dei ferri d'armatura. La profondità ed il diametro dei ferri d'armatura possono essere determinati in un punto qualsiasi. Per ogni punto identificato sull'immagine scanner, si riporta:

il numero di riferimento del punto identificativo,  
la stima del copriferro e del diametro della barra di armatura in quel punto,  
l'orientamento della barra di armatura.

### A.2. PROVE DI COMPRESSIONE SUI CALCESTRUZZI

#### A.2.1. Prelievo di campioni per prove di compressione

##### A.2.1.1. Generalità

Il prelievo di campioni di calcestruzzo indurito è destinato a prove di laboratorio per la determinazione di massa volumica, per prove meccaniche, di permeabilità, di gelività, ecc.

Mediante una opportuna tecnica, è possibile estrarre dal getto di calcestruzzo dei campioni, che consentono di valutare le caratteristiche meccaniche del cemento armato, a condizione che i campioni estratti siano "non disturbati" e che siano stati prelevati in numero statisticamente significativo.

##### A.2.1.2. Metodo di estrazione

Il criterio che viene seguito nel corso dei prelievi è di ridurre al minimo il danneggiamento provocato dall'estrazione sul campione. Le operazioni di prelievo vengono pertanto eseguite quando il calcestruzzo è sufficientemente indurito, ossia quando la sua resistenza a compressione stimata è maggiore di  $10 \text{ N/mm}^2$ , evitando inoltre, per quanto possibile, le zone armate ed i giunti.

L'estrazione di carote viene di regola eseguita mediante sonda a corona diamantata (carotatrice) di tipo adatto alla durezza del calcestruzzo ed al tipo di aggregato in esso contenuto. Viene adottato il criterio di utilizzare un diametro della corona non minore di 3 volte il diametro massimo dell'aggregato. Nel movimento di avanzamento la sonda deve essere esente da vibrazioni, per assicurare che il diametro della carota sia costante ed il suo asse rettilineo. La sonda pertanto deve essere rigida e correttamente ancorata.

Le carotatrici impiegate, in questo caso, utilizzano corone diamantate del diametro di 54 mm, con raffreddamento ad acqua a circuito chiuso. Tutti i provini sono stati prelevati conservando il medesimo asse, ortogonale al piano della parete di calcestruzzo da cui sono stati prelevati. I campioni prelevati non hanno presentato irregolarità vistose.

##### A.2.1.3. Identificazione e descrizione dei campioni

All'atto del prelievo, ogni campione viene identificato chiaramente, annotando il punto specifico di prelievo e l'orientamento nel getto di calcestruzzo, possibilmente con l'aiuto di uno schizzo della struttura.

Successivamente ogni campione viene esaminato attentamente, annotando le irregolarità (fessure, riprese di getto, nidi di ghiaia, segni di segregazione). Viene stimata la dimensione massima dell'aggregato, la forma dell'aggregato grosso ed il rapporto in volume fra aggregato grosso e aggregato fine. Viene rilevata l'eventuale presenza di vuoti dovuti ad incompleta compattazione (grandezza e distribuzione). Quando necessario, viene effettuato un rilievo fotografico.

##### A.2.1.4. Lavorazione dei campioni

I campioni vengono tagliati e lavorati secondo le tecniche impiegate per il taglio dei materiali litoidi fino ad ottenere provini rispondenti alle indicazioni delle norme UNI relative alle prove a cui gli stessi sono destinati.

Nella lavorazione dei campioni vengono scartati dagli stessi parti eventualmente danneggiate dalle operazioni di estrazione ovvero che contengano armature o corpi estranei. Vengono inoltre registrate posizioni ed orientamento dei provini rispetto ai campioni estratti.

#### A.2.1.5. Conservazione dei campioni

La conservazione dei campioni è effettuata in camera condizionata a  $20 \pm 2$  °C e 50% di umidità relativa, salvo specifiche diverse condizioni richieste dalle prove a cui gli stessi sono destinati.

#### *A.2.2. Provini*

I provini sono stati ricavati da calcestruzzo già indurito, in genere mediante carotaggio. Sulle facce destinate a venire a contatto con i piani della pressa è ammessa una tolleranza di planarità di 0,05 mm. In caso contrario si provvede alla loro spianatura.

La spianatura viene fatta:

- a) mediante rettifica su apposita macchina, usando mole;
- b) mediante applicazione di pasta di cemento o gesso.

In quest'ultimo caso lo strato di spianatura, il più sottile possibile, viene realizzata in modo da risultare perfettamente aderente al calcestruzzo, sufficientemente resistente e indurito così da non frantumarsi durante la prova di compressione, né fessurarsi prima della prova stessa.

La spianatura viene ripetuta se, al momento della prova, la facce spianate presentano un errore di planarità maggiore di 0,05 mm e se gli angoli formati da due facce continue non sono di  $90^\circ \pm 30'$ .

#### A.2.2.1. Stagionatura

I provini ricevuti dal Laboratorio vengono conservati in ambiente analogo a quello della prima stagionatura. I provini ricavati da calcestruzzo già indurito vengono conservati in ambiente come sopra specificato, con permanenza di almeno 48 h prima della prova.

#### A.2.2.2. Apparecchiatura

Per la rottura dei provini si impiegano presse progettate espressamente per prove su materiali poco deformabili. Sono utilizzate presse CONTROLS da 3000 kN, classe 1.

L'apparecchio misuratore permette la valutazione istantanea del carico, per ciascuna delle scale della macchina di prova, con precisione dell'1%. Nel caso in cui la rottura del provino avvenisse sotto un carico minore di 1/5 della portata della macchina, la prova è considerata attendibile.

#### A.2.2.3. Procedimento

Dopo il prelievo dall'ambiente di stagionatura, le dimensioni del provino sono misurate con precisione di 1 mm; il provino è inoltre pesato con precisione dell'1%.

Il provino, se cubico, è posto sul piatto della macchina in modo che il carico sia applicato normalmente alla direzione di costipamento durante il getto. Non è assolutamente realizzata alcuna interposizione di strati di materiale deformabile (cartone, feltro, piombo, ecc.) tra i piatti della macchina e la facce del provino.

Viene curata in particolare modo la centratura del provino sul piatto inferiore della macchina.

Il piatto superiore è quindi accostato al provino, e la completa aderenza è ottenuta sollevando lentamente il piatto inferiore, in modo da consentire l'assestamento dello snodo sferico.

Sin dall'inizio il carico è applicato gradualmente, senza urti, ed il gradiente di carico corrisponde a  $5 \pm 2$  kgf/(cm<sup>2</sup> · a) pari a circa  $50 \pm 20$  N/(cm<sup>2</sup> · a).

Il carico è aumentato sino alla completa rottura del provino, prendendo nota del carico massimo raggiunto. In base a tale carico si calcola la resistenza a compressione, che è espressa con arrotondamento a 5 kgf/cm<sup>2</sup> pari a circa 50 N/cm<sup>2</sup>. Si prende nota del tipo di rottura.

Le prove sono state eseguite presso il laboratorio Autorizzato dal Ministero dei Lavori Pubblici della *SGM S.r.l. - Ingegneria Sperimentale*.

### A.3. PROVE DI TRAZIONE SU BARRE DI ACCIAIO

#### A.3.1. Prelievo dei provini

Il prelievo di barre di acciaio, da zone scarsamente sollecitate di elementi secondari, consente di sottoporre i provini a sforzi di trazione ed altri tipi di prova, allo scopo di determinarne le caratteristiche meccaniche.

La superficie del getto di calcestruzzo è stata intaccata mediante trapano ad elevato numero di giri, in modo da scoprire e prelevare un tratto di barra di acciaio di lunghezza opportuna.

La lunghezza libera della provetta fra i dispositivi di serraggio della macchina deve essere sufficiente per far sì che i riferimenti si trovino a opportuna distanza dai dispositivi di serraggio.

#### A.3.2. Lunghezza iniziale tra i riferimenti ( $L_0$ )

Di regola si usa la provetta che presenta la seguente relazione fra lunghezza iniziale tra i riferimenti ( $L_0$ ) e l'area della sezione iniziale ( $S_0$ ):

$$L_0 = k \sqrt{S_0}$$

dove  $k$  è uguale a 5,65. Tale valore per le provette a sezione circolare porta alla relazione  $L_0 = 5d$ .

Le estremità della lunghezza iniziale tra i riferimenti sono messi in evidenza o mediante segni o mediante piccole incisioni, ma non mediante intagli in grado di provocare rotture premature. Il valore calcolato della lunghezza iniziale tra i riferimenti può essere arrotondato al multiplo di 5 mm più vicino, a condizione che la differenza fra la lunghezza calcolata e quella marcata non sia maggiore del 10% di  $L_0$ . La lunghezza iniziale tra i riferimenti deve essere marcata con una precisione pari a  $\pm 1\%$ .

#### A.3.3. Preparazione delle provette

Le tolleranze sulla lunghezza delle provette sono considerate pari a  $100 \pm 1,0$  mm per barre  $\phi 20$ ,  $50 \pm 0,5$  mm per barre  $\phi 10$ ,  $25 \pm 0,25$  mm per barre  $\phi 5$ , con valori interpolati per gli altri diametri. Per quanto riguarda il diametro nominale, nessuna provetta deve presentare un diametro al di fuori dei valori fissati dalle tolleranze  $20 \pm 0,150$  mm per barre  $\phi 20$ ,  $10 \pm 0,075$  mm per barre  $\phi 10$ ,  $5 \pm 0,040$  mm per barre  $\phi 5$ , con valori interpolati per gli altri diametri.

#### A.3.4. Determinazione dell'area della sezione iniziale ( $S_0$ )

Il diametro nominale è utilizzato nel calcolo dell'area della sezione iniziale delle provette a sezione circolare che rispettino le tolleranze indicate nel punto precedente. Per tutte le altre forme di provette, l'area della sezione iniziale è calcolata partendo da misurazioni delle dimensioni appropriate, con un errore non maggiore di  $\pm 0,5\%$ , su ogni dimensione.

#### A.3.5. Macchina di prova

Per la prova di trazione viene impiegata una macchina a trazione.

La velocità di deformazione della parte calibrata non è maggiore dello 0,008/s.

Le provette sono posizionate mediante dispositivi appropriati. Le provette sono fissate in modo che il carico sia applicato il più assialmente possibile.

#### A.3.6. Determinazione dell'allungamento percentuale dopo rottura ( $A$ )

La misurazione dell'allungamento percentuale dopo rottura viene effettuata come allungamento permanente della lunghezza fra i riferimenti dopo rottura ( $L_U - L_0$ ), espresso in percento della lunghezza iniziale ( $L_0$ ). A tale scopo, i due spezzoni della provetta vengono avvicinati con cura in modo che i loro assi rappresentino il prolungamento l'uno dell'altro.

L'allungamento permanente dopo rottura è determinato con una precisione dello 0,25 mm utilizzando un dispositivo di misura con risoluzione dello 0,1 mm e il valore dell'allungamento percentuale dopo rottura è arrotondato allo 0,5% più vicino.

#### A.3.7. Carico di rottura

Al termine della prova, viene determinato il carico massimo  $F_m$  che è il carico più elevato sopportato dalla provetta nel corso della prova dopo il superamento dello snervamento ed il carico unitario di rottura (resistenza a trazione)  $R_m$ , ovvero il carico unitario corrispondente al carico massimo  $F_m$ .

### A.4. ATTREZZATURE UTILIZZATE

#### A.4.1. Generalità

La Società *EXPERIMENTATIONS S.r.l.*, operante secondo il Sistema Qualità UNI EN ISO 9001, certificato Bureau Veritas. n.IT260359, ha adottato una serie di procedure operative per la taratura delle sue apparecchiature.

#### A.4.2. Attrezzatura per indagini magnetometriche

Per l'esecuzione di tali indagini è stata utilizzata l'apparecchiatura portatile della Hilti denominata "Ferrosan", codice interno **PE F196**.

*A.4.3. Attrezzatura per prelievi di carote in calcestruzzo*

Il prelievo di carote in calcestruzzo è stato eseguito mediante la carotatrice Hilti DD 120 TPS, codice interno **INV 005**.

*A.4.4. Attrezzatura per rilievi*

Le misure sono state rilevate in sito e in laboratorio, tramite un metro codice interno **LAB A87** e un calibro di alta precisione codice interno **LAB A47**, le cui tarature sono documentate dalle rispettive verifiche di taratura *EXPERIMENTATIONS*.