Indagini diagnostiche di solai e controsoffitti in edifici scolastici provinciali

Committente: XXXXXXXXX
XXXX XXXXX
XXXXX

Data: XX/XX/XXXX

Direttore Tecnico
CO.M.SIGMA SRL

Page left intentionally blank

REPORT DI INDAGINI NON STRUTTURALI SU SOLAI

Ai sensi di norma e del protocollo interno prove di carico, indagine visiva e ultrasonica RINA RCC 18

1. PREMESSA

La campagna diagnostica sui solai in oggetto è stata eseguita al fine di verificarne le condizioni (non strutturali) di consistenza, manutenzione e conservazione, soprattutto nei confronti dell'eventuale presenza di sfondellamento.

2. METODOLOGIE OPERATIVE

Al fine di ben adempiere all'incarico ricevuto, la campagna diagnostica ha previsto le seguenti fasi operative:

1) Analisi visiva accurata di tutti gli ambienti validata da personale certificato RINA RC-18, ISO9712 in cui è stata puntualmente rilevata ed annotata l'eventuale presenza di tracce di umidità, fessurazioni, anomalie o distacchi di intonaco, sfogliamenti o difettosità negli agganci degli elementi appesi.

2) Compilazione di schede individuali riferite ai singoli ambienti, correlate da rilievo fotografico, report termografico, descrizione e posizione degli eventuali difetti riscontrati, il tutto finalizzato alla rappresentazione dello stato di fatto dell'intradosso dei solai in oggetto.

3) Battitura manuale dell'intradosso del soffitto, finalizzata all'individuazione di fenomeni di "sfondellamento" e di distacco di parti di solaio in atto, compreso l'onore della registrazione sulle planimetrie della posizione di eventuali aree critiche secondo una scala di gravità del fenomeno.

4) Caratterizzazione degli ancoraggi e delle diverse tipologie di controsoffitto, con successiva esecuzione di prove di carico a trazione.

5) Rilievo geometrico e costruttivo di tutti i solai, tramite l'ausilio di indagini endoscopiche e georadar.

6) Esecuzione, nelle situazioni segnalate dalla Committenza o, comunque, ritenute più significative sia in termini di carico variabile di progetto, che per la presenza di luci di calcolo notevoli o di particolari dissesti, di prove di carico progettate ad hoc e completate con la relativa verifica analitica della porzione di impalcato.

3. STRUMENTAZIONI UTILIZZATE

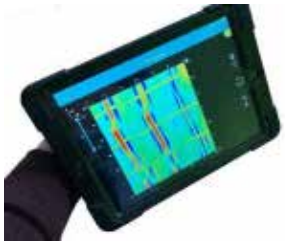
Asta cava in alluminio per verifica sfondellamento	
È il sistema tradizionale del "capomastro" per la verifica della presenza di differenze sonore in più punti di battuta all'intradosso dell'impalcato, sull'intonaco e le pignatte. In questo caso il normale bastone da cantiere è sostituito da un'asta in alluminio, cava all'interno, con punta in acciaio dolce, appositamente studiata e prodotta per garantire la migliore risposta sia acustica che al tatto. Al primo tratto munito di battitore con testa sferica possono essere aggiunti per solidarizzazione mediante avvitamento altri moduli della stessa lunghezza fino ad un massimo di circa 5 ml.	
Termocamera ad alta risoluzione	
Viene utilizzata come primo elemento di screening generale al fine di identificare macro aree con evidenti segni di distacco del supporto d'intonaco o dello sfondellamento dell'alleggerito in laterizio; l'aria che si interpone nell'"intercapedine" tra i due elementi, infatti, avendo temperatura differente, consente la visualizzazione agli infrarossi del fenomeno di ammaloramento mostrandolo sotto forma di differenza cromatica. La termocamera utilizzata è di ultima generazione, con risoluzione IR di 320 x 240 pixel ed accuratezza di ± 2°C o 2% della lettura.	

Pacometro

L'indagine pacometrica si pone il fine di individuare, all'interno di un manufatto in calcestruzzo armato, la presenza di barre d'armatura, la loro posizione, la misura del copriferro ed il relativo diametro. Lo strumento utilizzato è il pacometro o magnetometro, che si compone di una o più sonde emettitrici di campo magnetico collegate ad un'unità di elaborazione con display grafico ed emettitore acustico. Il campo magnetico emesso dalle sonde è influenzato dalla presenza di elementi ferrosi che, quindi, vengono rilevati dallo strumento.

Georadar

Il metodo d'indagine georadar o G.P.R. può essere utilizzato sia per l'esecuzione di analisi orizzontali (sottosuolo, pavimenti, solette, etc.) sia per analisi verticali (strutture murarie, elementi in c.a., etc.). La prova ha lo scopo, solitamente, di individuare la presenza e la geometria di strutture ed elementi nascosti e situati ad una profondità non eccessiva quali costruzioni passate, sottoservizi o cavità di qualsiasi genere. Più specificatamente, in ambito civile, la succitata strumentazione viene adoperata per il rilievo di barre d'armatura in elementi non completamente visibili, la stratigrafia di alcune tipologie di solai e le dimensioni di elementi come plinti in c.a., travi in spessore e cordoli di fondazione.



Video-endoscopio digitale

Si compone di uno strumento impugnabile su cui è sistemato un display a cristalli liquidi ad alta risoluzione ed a cui è collegato un cavo semirigido di lunghezza variabile con intestata una micro camera digitale illuminata a led.

Consente l'ispezione di strutture di qualsiasi tipo in cui venga preventivamente eseguito un foro di piccolo diametro (circa 6 mm.), cavedi o elementi nascosti.

E' possibile registrare video dell'ispezione o scattare fotografie salvando sulla scheda di memoria integrata.

Sistema per prove di carico su solai

L'attrezzatura utilizzata per l'esecuzione della prova si compone di:

Unità di acquisizione dati a 16 canali con possibilità di visualizzazione e registrazione in tempo reale di dati provenienti da sensori di spostamento, pressione e carico.
Canali: nr. 16 single ended.
Risoluzione: 16 bit +/- 1 LSB su range di funzionamento da 10 mV a 2,5 V.
Alimentazione sensore: 2,5 V per misuratori di spostamento oppure 12-15 V per sensori supplementari (celle di carico, sensori di pressione).
Microprocessore: 8 bit Rabbit 3000 funzionante a 22.1 Mhz.
Memoria programmi: 512 Kbyte Memoria Flash.
Real Time Clock.
Interfaccia seriale: RS485 Half Duplex (9600 a 115200 bps).
Batteria: interna al piombo 6V ricaricabile o con alimentazione esterna 12-24 VDC.
Contenitore: PELI con livello di protezione IP67.
Trasduttori di spostamento: di tipo potenziometrico forniti di testatore, molle calibrate di ritorno e connettore; campo di misura da 0 a 50 mm – linearità 0,1% FS
Aste telescopiche: in alluminio anti dilatazione, estensibili fino a 6,0 m con treppiede regolabile in altezza e messa in bolla automatica.

4. DOCUMENTAZIONE ALLEGATA, CONVENZIONI GRAFICHE E METODOLOGICE

Di seguito sono esposte e descritte le convenzioni grafiche e metodologiche che hanno governato, secondo il protocollo interno certificato RINA RCC-18, sia le operazioni diagnostiche eseguite in sito che la stesura e la restituzione degli elaborati grafici.

4.a Metodologie esecutive standardizzate.

1) **Indagine visiva.**

   È stata eseguita da personale specializzato e validata da tecnico certificato RINA RCC 18 e consiste nella verifica puntuale a vista (eventualmente con l'ausilio di lenti e binocoli) della tipologia strutturale esistente e della presenza di elementi di ammaloramento superficiale all'intradosso dei solai di ogni stanza del complesso indagato, sostanzialmente classificabili come:

   - direzione dell'orditura principale del solaio;
   - fessurazioni, micro fessurazioni o cavillature dell'intonaco;
   - presenza attuale o passata di tracce di umidità;
   - verifica del grado di sicurezza degli elementi appesi, ad esempio i corpi illuminanti o altri oggetti vincolati al soffitto, con loro posizione indicativa;
   - presenza o meno di controsoffitti (ispezionabili o meno);
   - se vi sono controsoffitti, caratteristiche generali del tipo di pannello, di aggancio, del tipo di pendinatura, del grado di vincolo, del tipo di supporto e posizione delle eventuali prove di carico eseguite per la verifica a carico ultimo;
   - eventuali note.

2) **Indagini termografiche.**

   Intese in questo caso non come prove finalizzate all'individuazione del comportamento energetico dell'involucro dell'edificio ma come ausilio in cantiere per la ricostruzione della forma ed omogeneità dell'organismo strutturale, si eseguono con macchine fotografiche all'infrarosso in grado di generare una mappatura cromatica della superficie indagata, in funzione della temperatura rilevata.

In questo modo è possibile, previa un'adeguata preparazione, individuare con chiarezza e precisione la posizione dei travetti di solaio in latero-cemento, di pilastri e travi in spessore, di corree di ripartizione, architravi in acciaio, fori preesistenti, della tessitura muraria portante o di tamponamento e quant'altro interessante ai fini della ricostruzione del sistema statico del manufatto.

L'indagine ha come obiettivo quello di verificare le caratteristiche geometrico funzionali delle orditure portanti dei solai e, dove possibile, in funzione della conformazione dell'intradosso, appurare la presenza di eventuali anomalie nel grado di "aggrappo" dell'intonaco (sfondellamento o distacco).

3) **Verifica di sfondellamento.**
La verifica di sfondellamento ha comportato la "battitura" superficiale all'intradosso del solaio oggetto d'intervento attraverso il "sistema acustico" con l'ausilio della relativa attrezzatura descritta al cap. 3 e la graficizzazione su apposite tavole di dettaglio preparate all'uopo di tutte le zone in cui vi fosse una modesta, marcata o decisa variazione di risposta sonora all'impulso.
Per ogni ambiente indagato sono state poi prodotte tavole di dettaglio (che qui vengono allegate) secondo le convenzioni grafiche riportate più in basso nel presente capitolo.

4) **Verifica tipologia solai e successive prove di carico.**
La verifica delle diverse tipologie di solaio presenti all'interno di ogni istituto scolastico, sono state eseguite tramite l'ausilio di prove pacometriche, endoscopiche e georadar. Dopo questa analisi, si sono scelte le porzioni di solaio da testare, attraverso l'esecuzione di prove di carico, confrontandone l'esito con la verifica analitica eseguita in precedenza.

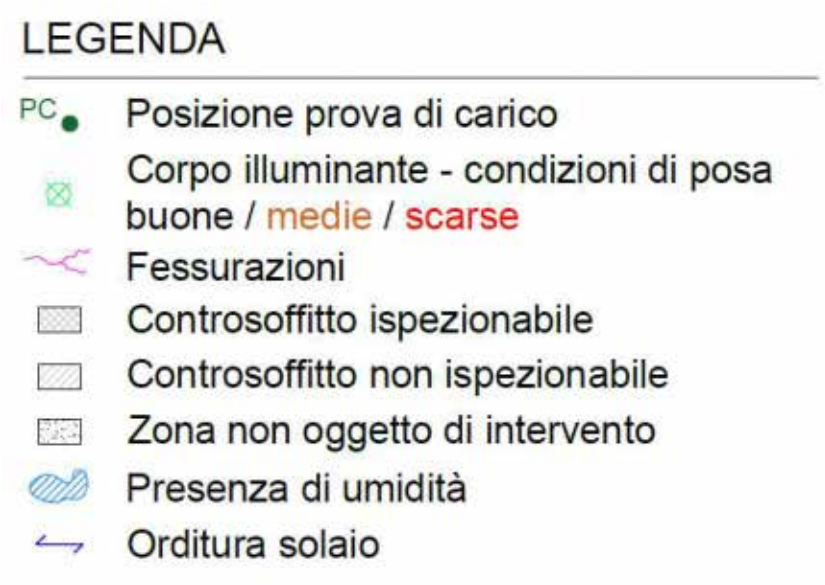
4.b Documentazione allegata e convenzioni grafiche adottate

Sono state prodotte le seguenti documentazioni:

1) La planimetria relativa all'**indagine visiva**;

2) La planimetria relativa alla **verifica di sfondellamento**;
3) La planimetria relativa alle **tipologie di solaio** e alle posizioni dell'**indagine termografica**;
4) **Documentazione fotografica** dei difetti riscontrati dall'indagine visiva;
5) **Schede tipologiche per ogni tipo di solaio**;
6) **Schede relative alle prove di carico sui controsoffitti**;
7) **Report completo** con i risultati **dell'indagine termografica** attiva;
8) **Relazione prove di carico** e **verifica analitiche** dei solai.

1) Planimetrie relative all'indagine visiva.



N.B. Laddove il corpo illuminante è indicato con colore arancione, la plafoniera non presenta alcun sostegno autonomo o catenella di emergenza e, nella maggior parte dei casi, è collegata alla struttura mediante semplici fascette da elettricista in plastica.

2) La planimetria relativa alla verifica di sfondellamento.

PROBABILITÀ DI DISTACCO

- Bassa
- Media
- Alta

LEGENDA

- Controsoffitto ispezionabile
- Controsoffitto non ispezionabile
- Zona non oggetto di intervento

La probabilità di distacco è indicata con aree più o meno estese, così come desunte dalle attività di verifica, con i colori sopra indicati.

Alle convenzioni già utilizzate per le tavole della verifica visiva si aggiungono le descrizioni cromatiche correlate alla probabilità di distacco del supporto (intonaco e/o fondello della pignatta).

Nel caso la probabilità di sfondellamento sia "bassa" o "media" sarà necessario tenere monitorate le aree così indicate nel tempo, magari pianificando una campagna di controllo a cicli regolari; **se la probabilità è indicata come "alta" si consiglia un intervento di mitigazione o meglio risoluzione completa del rischio nei tempi più rapidi possibili.**

3) Planimetrie relative all'indagine termografica e alla tipologia di solaio.

LEGENDA

- Solaio tipologia A - laterocemento
- Solaio tipologia B - predalles
- Solaio tipologia C - tegoli
- Zona non soggetta ad intervento
- Termocamera
- Prova di carico su solaio

Per le schede tecniche, il report termografico e per le relazioni delle prove di carico su solai e controsoffitti, si rimanda alla documentazione allegata.

5. DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

Alla seguente relazione generale introduttiva si allegano:

- ALL.A_Schede tipologiche dei solai;
- ALL.B_Prove di carico su controsoffitti;
- ALL.C_Documentazione fotografica indagine visiva;
- ALL.D_Report Termografico;
- Relazione Prova di Carico;
- TAV.001_Indagine visiva piano terra;
- TAV.002_Sfondellamento piano terra;
- TAV.003_Tipologia solaio piano terra;

Rovereto, XX/XX/XXXX

Per la CO.M.Sigma s.r.l.

Il Direttore Tecnico.

Ing. Alessandro Battisti.

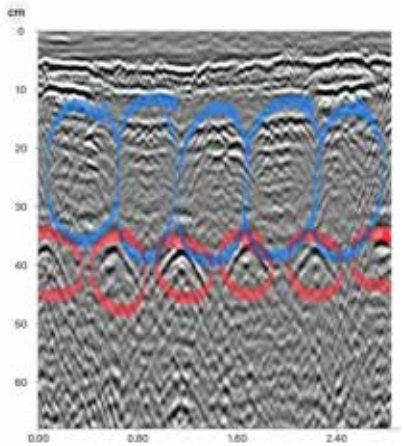
ALL.A_SCHEDE TIPOLOGICHE DEI SOLAI

SOLAIO TIPOLOGIA A

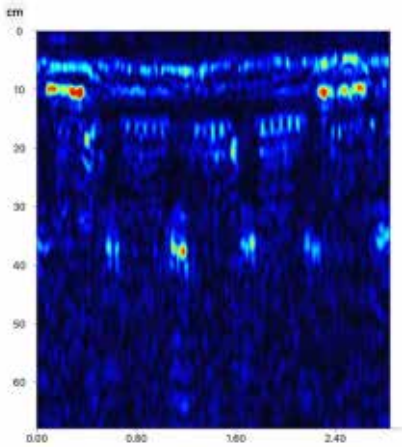
Pianta Piano Terra

- TIPO DI SOLAIO: **LATERO-CEMENTO**

INDAGINE GEORADAR

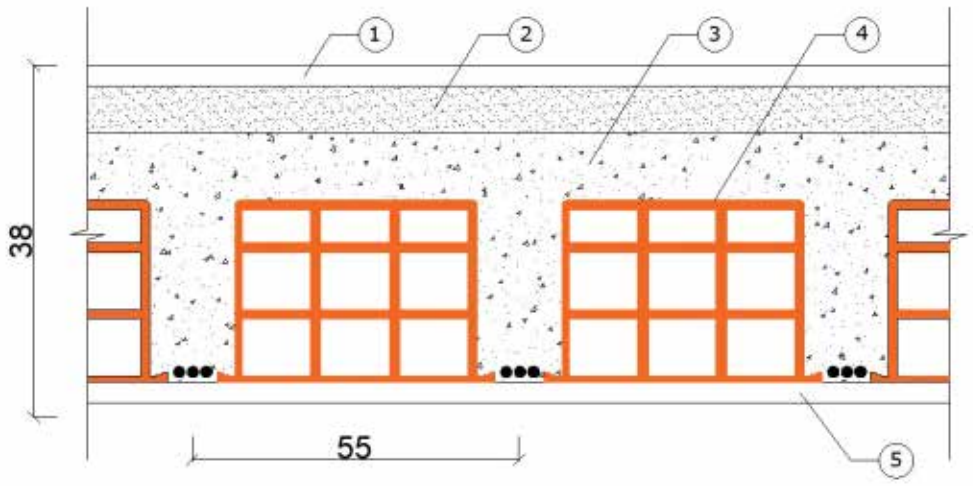


"Linear Scan" estradosso solaio



"Linear Scan" estradosso solaio

- Pignatta h 24 cm;
- Ferri inferiori del travetto (interasse 55 cm).



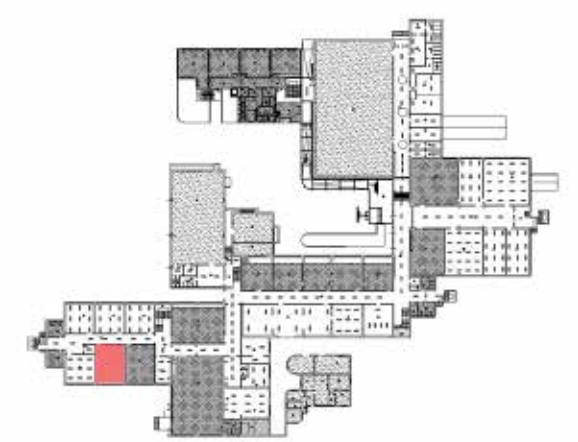
Strato 1	Pavimento + caldana – 4 cm
Strato 2	Massetto – 5 cm
Strato 3	Cappa – 4 cm
Travetto	N. 3 Ø8 – interasse 46 cm
Strato 4	Pignatta – 24 cm
Strato 5	Intonaco – 1 cm

N.B.: Nei bagni è stato rilevato il seguente pacchetto:

- Pavimento + caldana = 8 cm
- Massetto = 8 cm

ALL.B_ PROVE DI CARICO SU CONTROSOFFITTI

AREA: **AULA 9** PIANO: **TERRA**



- TIPO DI SOLAIO: **LATERO-CEMENTO**

- INDAGINE VISIVA:
  Presenza fessure: ○ Si ● No
  Tipologia:
  Presenza umidità/infiltrazioni/sfogliamento: ○ Si ● No
  Descrizione:

- CONTROSOFFITTO: ● Si ○ No
  Tipo di rivestimento: **PANNELLO IN FIBRA MINERALE – 60x60 cm**
  Tipo di pendini: **FILO DI FERRO ARROTOLATO**
  → Passo pendini: **x = 100 cm; y = 120 cm**
  Tipo di struttura: **A VISTA, IN ACCIAIO, CON PROFILO A**
  Tipo di aggancio: **TASSELLO CON FISCHER**
  → Fissato a: **TRAVETTO**
  Note:

  Corpi illuminanti: **NEON**
  → Supporto autonomo ● Si ○ No
  → Ritegno d'emergenza (catena o corda) ○ Si ● No
  Note:

  Prova di carico N°: **1**

$$Q_{app} = p_x \cdot p_y \cdot \gamma_P \cdot F_s = \mathbf{1,0 \cdot 1,2 \cdot 4 \cdot 4 = 19,2\ kg}$$

  dove:
  p_x= passo pendini lungo asse x locale [m];
  p_y= passo pendini lungo asse y locale [m];
  γ_P= peso pannello per metro quadrato [kg/m^2];
  F_s= fattore di sicurezza (assunto pari a 4).

  Esito: ● Positivo ○ Negativo

- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA:

PC_01

- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA TIPOLOGIA CONTROSOFFITTO:

ALL.C_DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA INDAGINE VISIVA

PIANO TERRA

SIGLA	2_01		
☐ fessura	☐ cavillatura	☒ umidità	☐ sfogliamento

SIGLA	5_01		
☐ fessura	☒ cavillatura	☐ umidità	☐ sfogliamento

ALL.D_REPORT TERMOGRAFICO

Misurazioni	°C
Sp1	28,4

Parametri	
Emissività	0.95
Temp. rifl.	20 °C

Georilevazione	
Bussola	341° N

Nota
01

01/07/2021 09:30:56

FLIR1827.jpg FLIR T420bx 62115327

01/07/2021 09:30:56

FLIR1827.jpg FLIR T420bx 62115327

RELAZIONE PROVE DI CARICO

Le prove di carico sono state eseguite il giorno **XXXXXX** a XXXXXX, presso XXXXX XXXX, sito XXXXXXX.

1. PREMESSA

Le prove di carico sono state programmata ed eseguite per verificare la risposta in termini di deformazione verticale degli impalcati oggetto di indagine attraverso il posizionamento all'estradosso di un serbatoio per collaudi, misurandone i relativi abbassamenti sotto carico, in alcuni punti significativi.

2. SCOPI DELL'INDAGINE E METODOLOGIE OPERATIVE

2.1 Prova di carico (PdC_i);

Procedura di prova:

- posizionamento delle aste con i trasduttori potenziometrici, collegamento e preparazione della centralina di raccolta ed acquisizione dei dati, collegamento del personal computer; se non già previsto dalla relazione di prova, disegno dello schema rappresentativo della struttura ed identificazione univoca sullo stesso dei punti di misura e dell'impronta di carico;
- avvio del software dedicato: input dei dati generali di commessa e dei parametri di prova come, ad esempio, l'intervallo di tempo che intercorre tra una misura e l'altra, quello che separa la registrazione su file di due dati di misura successivi, la modalità di visualizzazione dei grafici e dei valori istantanei di freccia;
- azzeramento via software di tutti i trasduttori potenziometrici ed inizio della prova;
- inizio della fase di carico che dovrà avvenire in modo graduale e per step, precedentemente definiti o indicati dal responsabile della prova; ad ogni step di carico, dopo un certo periodo di attesa concordato, sarà riportato sul report apposito:
    - l'identificativo della fase di carico;
    - la misura di spostamento in ciascun punto monitorato;

  - l'ora del rilevamento;
  - eventuali note dell'operatore o del tecnico responsabile, relative alla fase di carico;
- ripresa della fase di carico e ripetizione delle operazioni descritte al punto precedente, sempre procedendo per step successivi e sempre compilando il report di prova, sino al raggiungimento del carico massimo; a valore massimo di sollecitazione, si attenderà quindi un opportuno intervallo di tempo, indicato dal tecnico responsabile della prova, per la stabilizzazione dei dati di deformazione al termine del quale i valori misurati dovranno essere nuovamente riportati sul report;
- inizio della fase di scarico con gli stessi accorgimenti e con le stesse procedure dei punti sopra; a scarico completato sarà necessario nuovamente registrare i valori istantanei raggiunti e quelli misurati dopo un congruo intervallo di tempo, sempre stabilito e comunicato dal responsabile della prova;
- la prova potrà dichiararsi conclusa con esito positivo, se le deformazioni residue presenteranno valori ritenuti accettabili; in caso contrario sarà necessario, ai sensi di legge, procedere ad uno o più cicli di carico e scarico aggiuntivi, sino a quando le frecce residue tenderanno ad annullarsi.

3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO E PERSONALE

Le normative cui ci si riferisce nell'esecuzione delle prove e che sono state di riferimento sono:

Prova di carico:

- Circolare CSLLPP nr.7 d.d. 21/01/2019.
- NTC 2018: Norme Tecniche per le Costruzioni.
- D.M. 81/2008: Nuovo Testo Unico sulla sicurezza sul lavoro.
- Raccomandazioni RILEM.

La prova è stata eseguita da tecnici certificati di II e III livello nel settore PC da ente riconosciuto Accredia.

4. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Prova di carico:

Centralina di acquisizione marca “BOVIAR”, modello 76392732, numero di serie 623928 a 12 canali con DDC 1,6 bit più canale per input cella di carico.

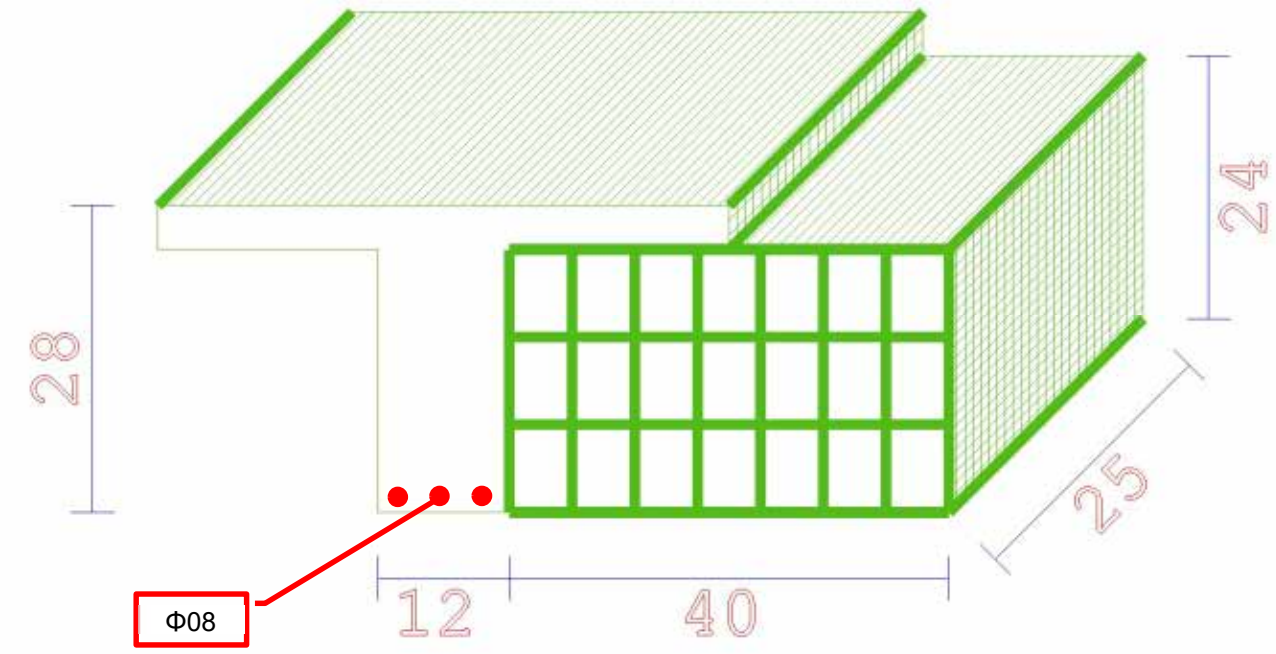
Asta telescopica per prova di carico “BOVIAR”, modello UYTHF0 numero di serie 392138.

Trasduttori potenziometrici con corsa massima 50 mm “GEFRAN”, marca UYD69, n° serie 79269.

Elettropompa Rover Novax 25M, modello RN25M34509, per lo scarico del serbatoio per collaudi e manichette UNI 45.

5. DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE SOTTOPOSTA A PROVA

In entrambe le prove si sono caricati due solaio di interpiano in laterocemento aventi ciascuno una luce di circa 7,5 metri. I suddetti impalcati presentano, da un punto di vista strutturale, la medesima geometria che viene riportata in seguito ed in maniera più dettagliata all'interno delle schede tipologiche dedicate.



Dettaglio parte strutturale impalcato – PdC 01 e PdC 02.

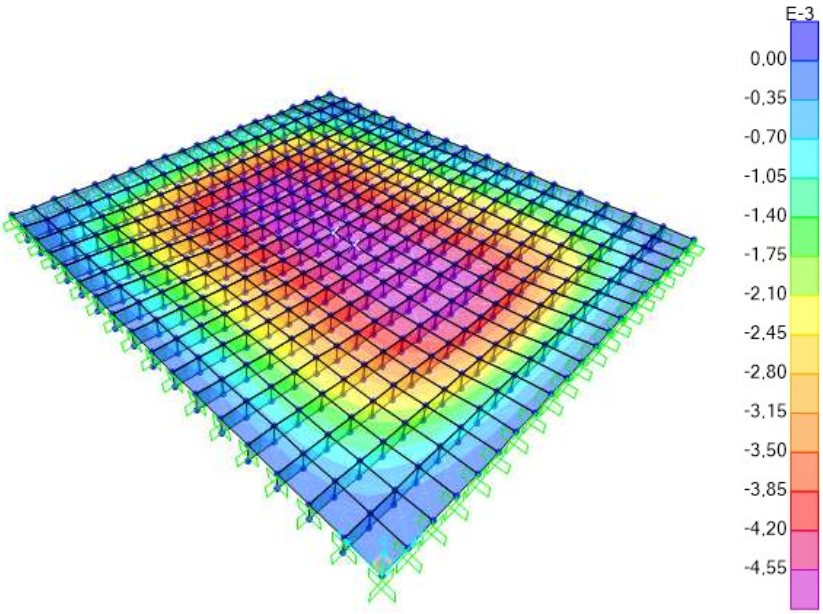
A tale sezione va aggiunto il pacchetto di finitura costituito da un massetto alleggerito di altezza pari a circa 5 cm ed una pavimentazione in ceramica con relativa caldana di spessore totale 4 cm. I carichi ipotizzati agenti sull'impalcato sono, quindi:

Tipologia	Identificazione	Carico
Permanente strutturale	G1	360 daN/mq
Permanente portato	G2	250 daN/mq
Accidentale	Q	300 daN/mq

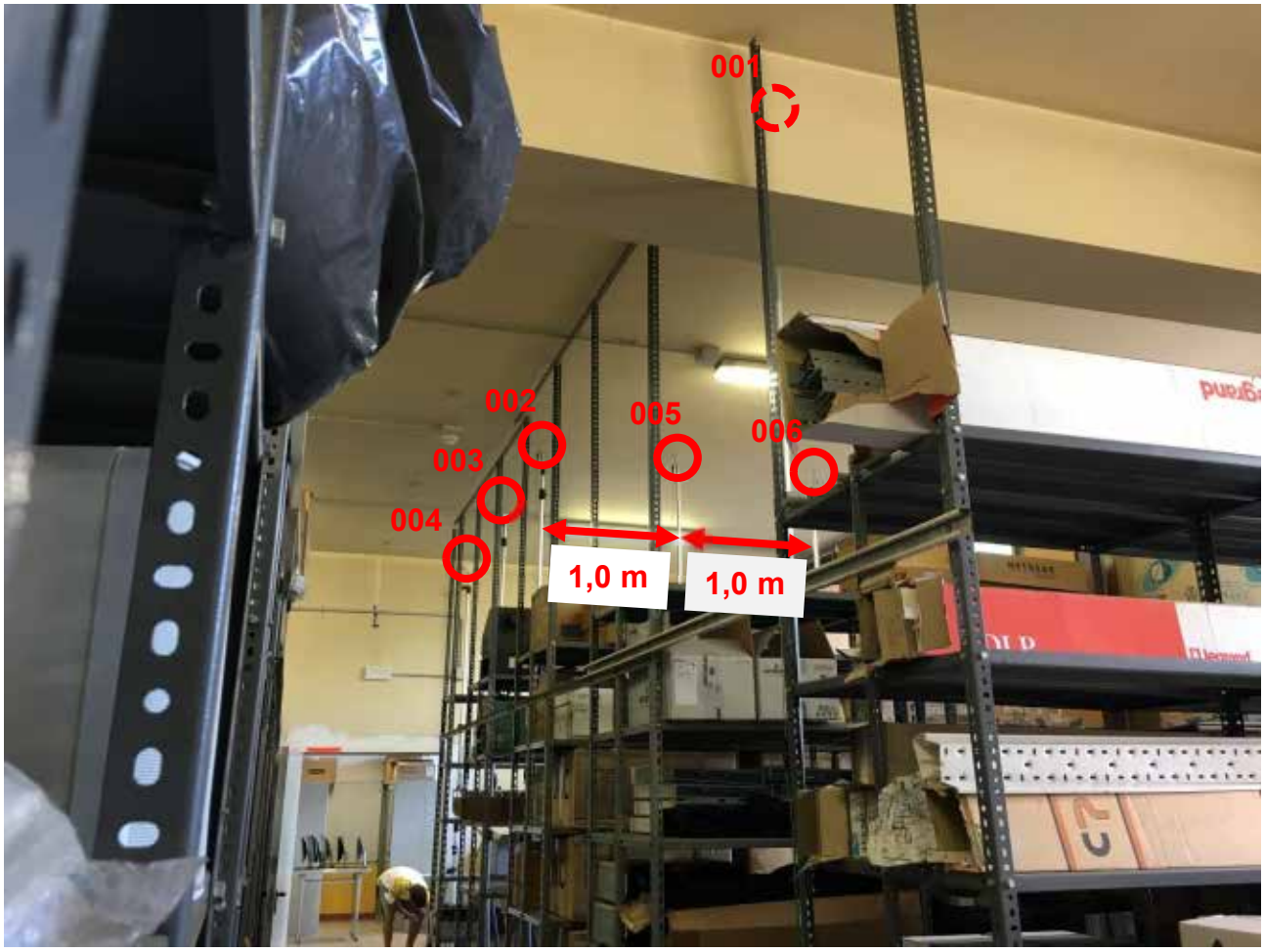
Antecedentemente l'esecuzione delle prove, sono stati prodotti dei calcoli semplificati degli impalcati oggetto d'indagine, per poter ricavare le massime frecce teoriche. Nella modellazione si sono utilizzate le seguenti ipotesi relative ai materiali:

calcestruzzo	C25/30
acciaio	FeB 44k

- Con i dati precedentemente riportati e con l'ausilio di un software di calcolo specifico per queste tipologie di strutture e considerando la combinazione dei carichi allo stato limite di esercizio, si sono ricavati dei valori di frecci pari a f=4,77 mm per entrambe le prove di carico:



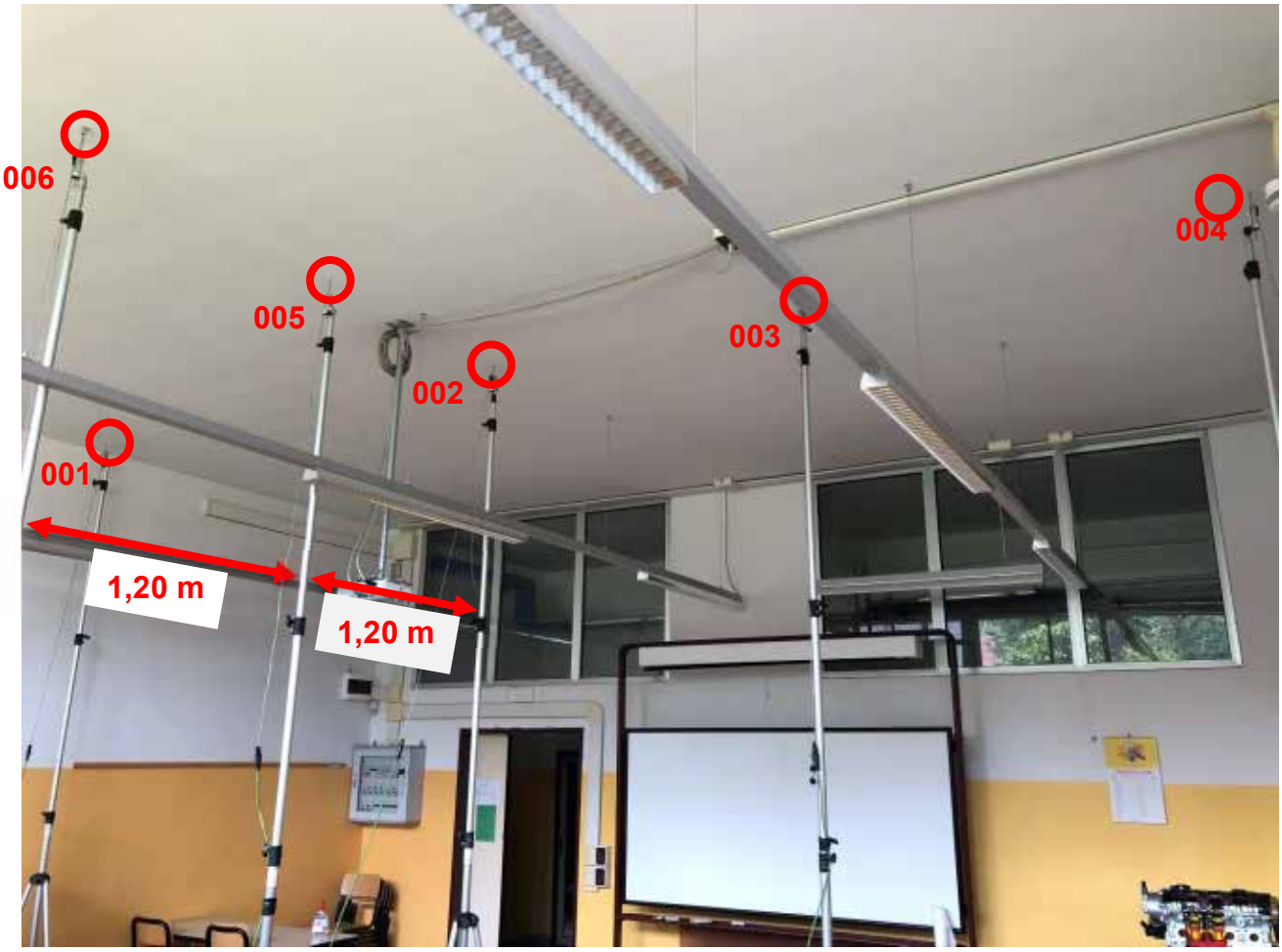
Nelle immagini successive si riportano le posizioni dei trasduttori e l'impronta del serbatoio per entrambe le prove.



Piano terra– Posizione trasduttori PdC 01.

N.B. I trasduttori 001 e 004 sono stati collocati in prossimità degli appoggi, il numero 003 si trova ad un quarto della luce totale, mentre i sensori 002, 005 e 006 sono esattamente in mezzeria.

Piano primo – Posizione serbatoio collaudi PdC 01.



Piano terra – Posizione trasduttori PdC 02.

N.B. I trasduttori 001 e 004 sono stati collocati in prossimità degli appoggi, il numero 003 si trova ad un quarto della luce totale, mentre i sensori 002, 005 e 006 sono esattamente in mezzeria.

Piano primo – Posizione serbatoio collaudi PdC 02.

6. ESPOSIZIONE DEI DATI RACCOLTI NELLE INDAGINI

6.1 Prova di carico (PdC_i);

Come già accennato, le prove sui solai sono state eseguite mediante il posizionamento di un serbatoio per collaudi riempito d'acqua fino al raggiungimento del carico massimo pari a **300 daN/m²** uniformemente distribuiti (per la modalità di esecuzione della prova stessa) e la conseguente misurazione degli spostamenti verticali, per step successivi, sia in fase di carico (ogni 100 daN/mq), sia in fase di scarico.

La prova di carico ha previsto l'utilizzo di un serbatoio per collaudi, di dimensioni pari a 6,00 x 4,00 m. L'acqua utilizzata per il riempimento del serbatoio, prelevata dall'impianto antincendio interno, è stata fatta fluire in modo costante attraverso un contalitri, registrando in continuo con gli strumenti elettronici le variazioni di freccia rilevate dai trasduttori posizionati nei punti caratteristici della struttura in esame. Al termine della prova il serbatoio è stato svuotato mediante una pompa, sempre con flusso costante e sempre registrando il calo progressivo delle frecce; a scarico

completato, dopo un periodo di stabilizzazione, sono stati registrati i valori di deformazione residui.

Lo scopo è quello di confermare o meno l'attitudine delle strutture a sopportare lo stato d'esercizio dovuto alla destinazione d'uso richiesta e, allo stesso tempo, controllare che lo stato deformativo sia compatibile con le ipotesi teoriche e le normative vigenti.

Sono presentati nelle tabelle sottostanti i valori di abbassamento registrati.

- PdC 01

Carico (daN/mq)	**001 (mm)**	**002 (mm)**	**003 (mm)**	**004 (mm)**	**005 (mm)**	**006 (mm)**
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
100,00	0,04	0,22	0,15	0,02	0,18	0,14
200,00	0,06	0,43	0,33	0,03	0,39	0,29
300,00	0,07	0,67	0,51	0,06	0,61	0,45
325,00	**0,10**	**0,73**	**0,56**	**0,07**	**0,64**	**0,49**
300,00	0,09	0,71	0,53	0,07	0,62	0,48
200,00	0,07	0,51	0,41	0,06	0,47	0,36
100,00	0,06	0,36	0,28	0,05	0,31	0,25
0,00	0,05	0,09	0,07	0,05	0,06	0,05

100 daN/m^2

200 daN/m^2

325 daN/m^2

Per ottenere il carico massimo da applicare sull'impronta parziale ad equivalenza di quello uniformemente distribuito si sono applicati i coefficienti di seguito descritti:

$$C_x = \frac{L^2}{4a \cdot (L-a)} = \frac{7{,}50^2}{4 \cdot 3{,}0 \cdot (7{,}5-3{,}0)} = \frac{56{,}25}{54{,}00} = \mathbf{1{,}04}$$

Dove:

- L = luce netta del solaio;
- a = semi lunghezza del serbatoio in direzione dell'orditura.

$$C_y = \frac{f_2^{300} + 2 \cdot (f_5^{300} + f_6^{300}) \cdot d}{b \cdot f_2^{300}} = \frac{0{,}67 + \ \cdot (0{,}61 + 0{,}45) \cdot 1{,}0}{4 \cdot 0{,}67} = \frac{2{,}79}{2{,}68} = \mathbf{1{,}04}$$

Dove:

- f_2, f_5 e f_6 = abbassamenti dei sensori 002, 005 e 006 ad un carico di 300 daN/m^2.
- d = distanza tra i sensori in direzione perpendicolare all'orditura;
- b = lunghezza del serbatoio in direzione perpendicolare all'orditura.

Il carico massimo equivalente è quindi pari a:

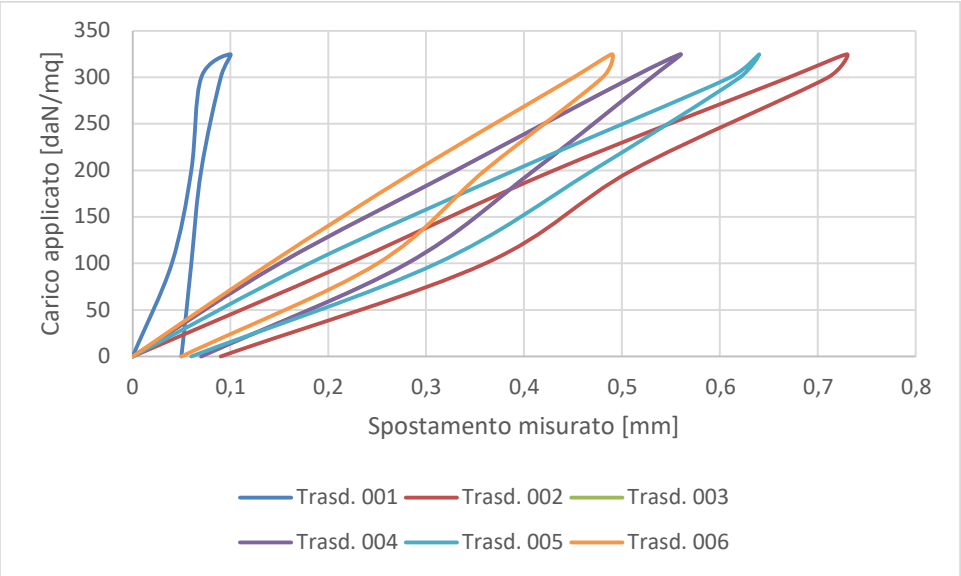
$$Q_P = Q_T \cdot C_x \cdot C_y = 300 \cdot 1{,}04 \cdot 1{,}04 = 324 \cong \mathbf{325}\ \frac{\boldsymbol{daN}}{\boldsymbol{m^2}}$$

Poiché il carico ottenuto è superiore a quello effettivamente applicato sull'impronta del serbatoio, si è optato per aumentare la sollecitazione fino a 325 daN/mq.

Con i dati riportati nella tabella precedente si possono facilmente ricavare la freccia massima, la freccia residua ed il grafico carico applicato-spostamento misurato (ciclo d'isteresi) come mostrato di seguito.

$$F_{\max\,(002)} = 0{,}73 - \frac{(0{,}10 + 0{,}07)}{2} = 0{,}645\ mm$$

$$F_{\mathrm{res}\,(002)} = 0{,}09 - \frac{(0{,}05 + 0{,}05)}{2} = 0{,}04 mm \cong 6{,}2\ \%$$



Ciclo di isteresi.

- PdC 02

Carico (daN/mq)	001 (mm)	002 (mm)	003 (mm)	004 (mm)	005 (mm)	006 (mm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
100,00	0,01	0,21	0,14	0,01	0,20	0,15
200,00	0,02	0,42	0,27	0,02	0,41	0,27
300,00	0,03	0,65	0,42	0,02	0,63	0,43
400,00	**0,03**	**0,88**	**0,57**	**0,03**	**0,86**	**0,58**
300,00	0,03	0,71	0,45	0,03	0,68	0,45
200,00	0,02	0,45	0,31	0,02	0,44	0,29
100,00	0,02	0,27	0,18	0,01	0,25	0,17
0,00	0,01	0,06	0,03	0,01	0,03	0,02

100 daN/m^2

200 daN/m^2

300 daN/m^2

400 daN/m^2

Per ottenere il carico massimo da applicare sull'impronta parziale ad equivalenza di quello uniformemente distribuito si sono applicati i coefficienti di seguito descritti:

$$C_x = \frac{L^2}{4a \cdot (L-a)} = \frac{7{,}50^2}{4 \cdot 3{,}0 \cdot (7{,}5-3{,}0)} = \frac{56{,}25}{54{,}00} = \mathbf{1{,}04}$$

Dove:

- L = luce netta del solaio;
- a = semi lunghezza del serbatoio in direzione dell'orditura.

$$C_y = \frac{f_2^{300} + 2 \cdot (f_5^{300} + f_6^{300}) \cdot d}{b \cdot f_2^{300}} = \frac{0{,}65 + 2 \cdot (0{,}63 + 0{,}43) \cdot 1{,}20}{4 \cdot 0{,}65} = \frac{3{,}19}{2{,}60} = \mathbf{1{,}22}$$

Dove:

- f_2, f_5 e f_6 = abbassamenti dei sensori 002, 005 e 006 ad un carico di 300 daN/m^2.
- d = distanza tra i sensori in direzione perpendicolare all'orditura;
- b = lunghezza del serbatoio in direzione perpendicolare all'orditura.

Il carico massimo equivalente è quindi pari a:

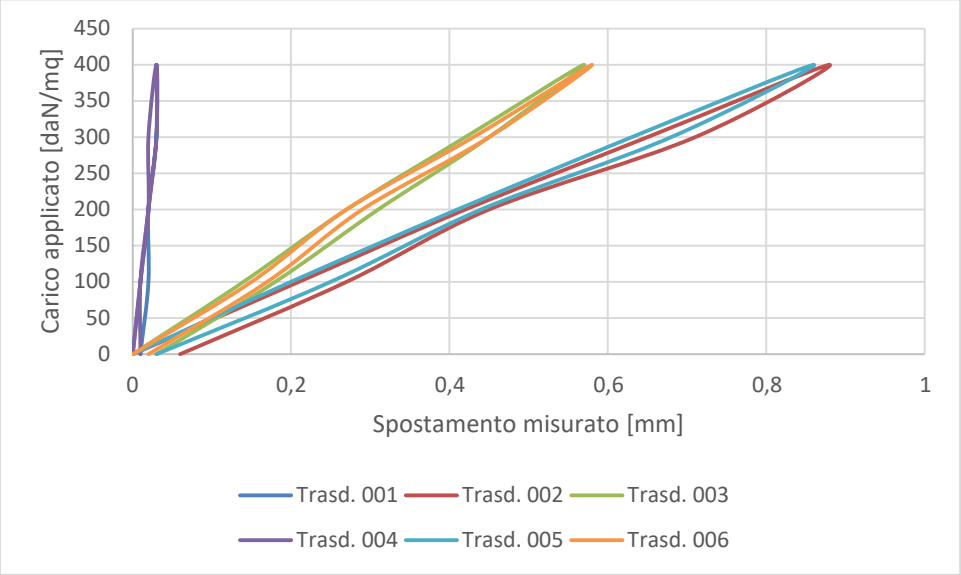
$$Q_P = Q_T \cdot C_x \cdot C_y = 300 \cdot 1{,}04 \cdot 1{,}22 = 383 \cong \mathbf{400}\ \frac{\boldsymbol{daN}}{\boldsymbol{m^2}}$$

Poiché il carico ottenuto è superiore a quello effettivamente applicato sull'impronta del serbatoio, si è optato per aumentare la sollecitazione fino a 400 daN/mq.

Con i dati riportati nella tabella precedente si possono facilmente ricavare la freccia massima, la freccia residua ed il grafico carico applicato-spostamento misurato (ciclo d'isteresi) come mostrato di seguito.

$$F_{\max\,(002)} = 0{,}88 - \frac{(0{,}02 + 0{,}03)}{2} = 0{,}855\ mm$$

$$F_{\mathrm{res}\,(002)} = 0{,}05 - \frac{(0{,}01 + 0{,}00)}{2} = 0{,}045\ mm \cong 5{,}2\ \%$$



Ciclo di isteresi.

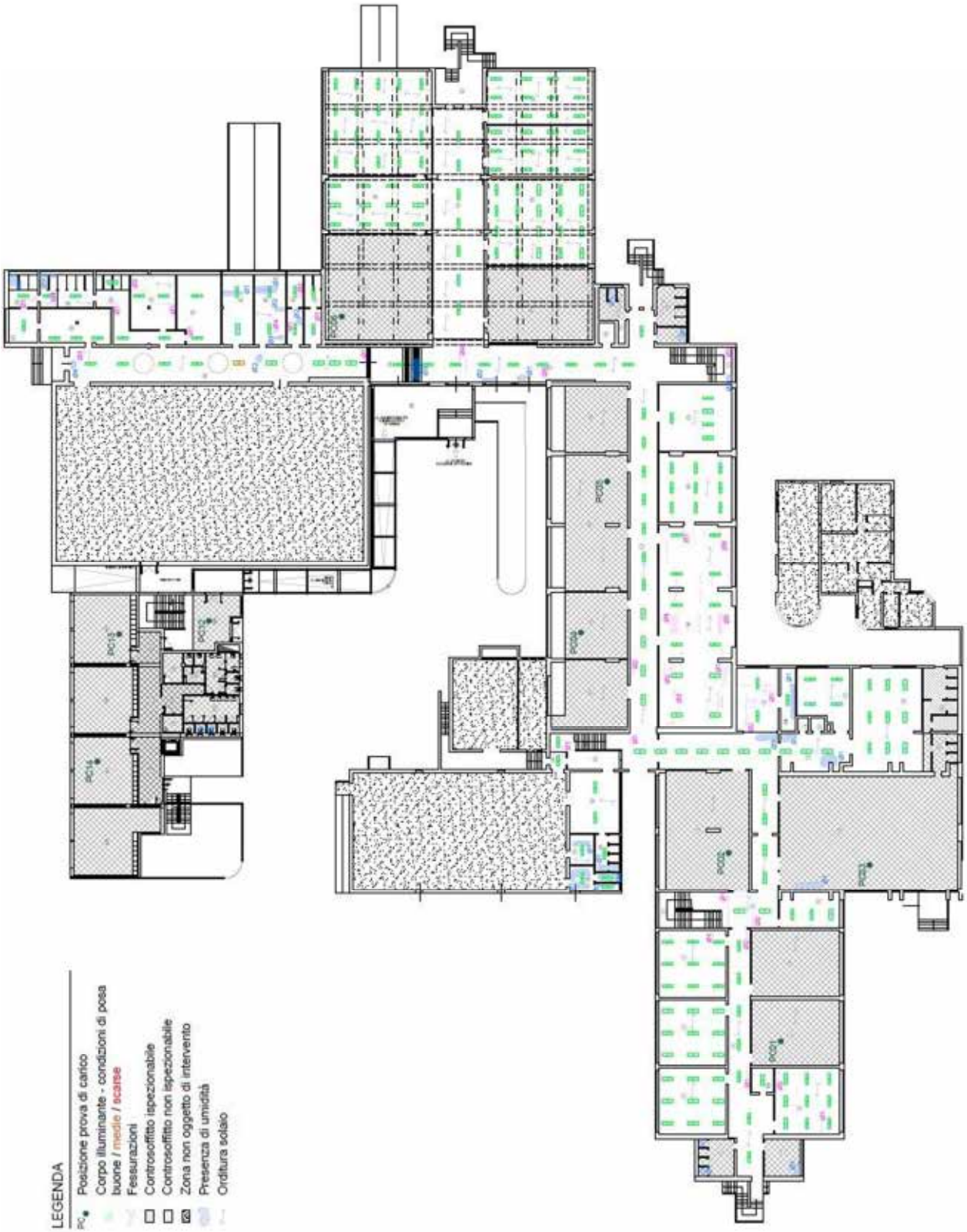
7. CONCLUSIONI

Considerato il corretto svolgimento delle prove secondo quanto indicato negli schemi teorici, con un preciso posizionamento dei carichi e dei punti di cui misurare il movimento, alla luce dei dati raccolti ed elaborati, si può affermare che ***le strutture in esame hanno correttamente risposto*** alle sollecitazioni indotte mostrando *comportamento sostanzialmente elastico, deformate nella norma ed andamento delle deformazioni proporzionale ai carichi applicati.*

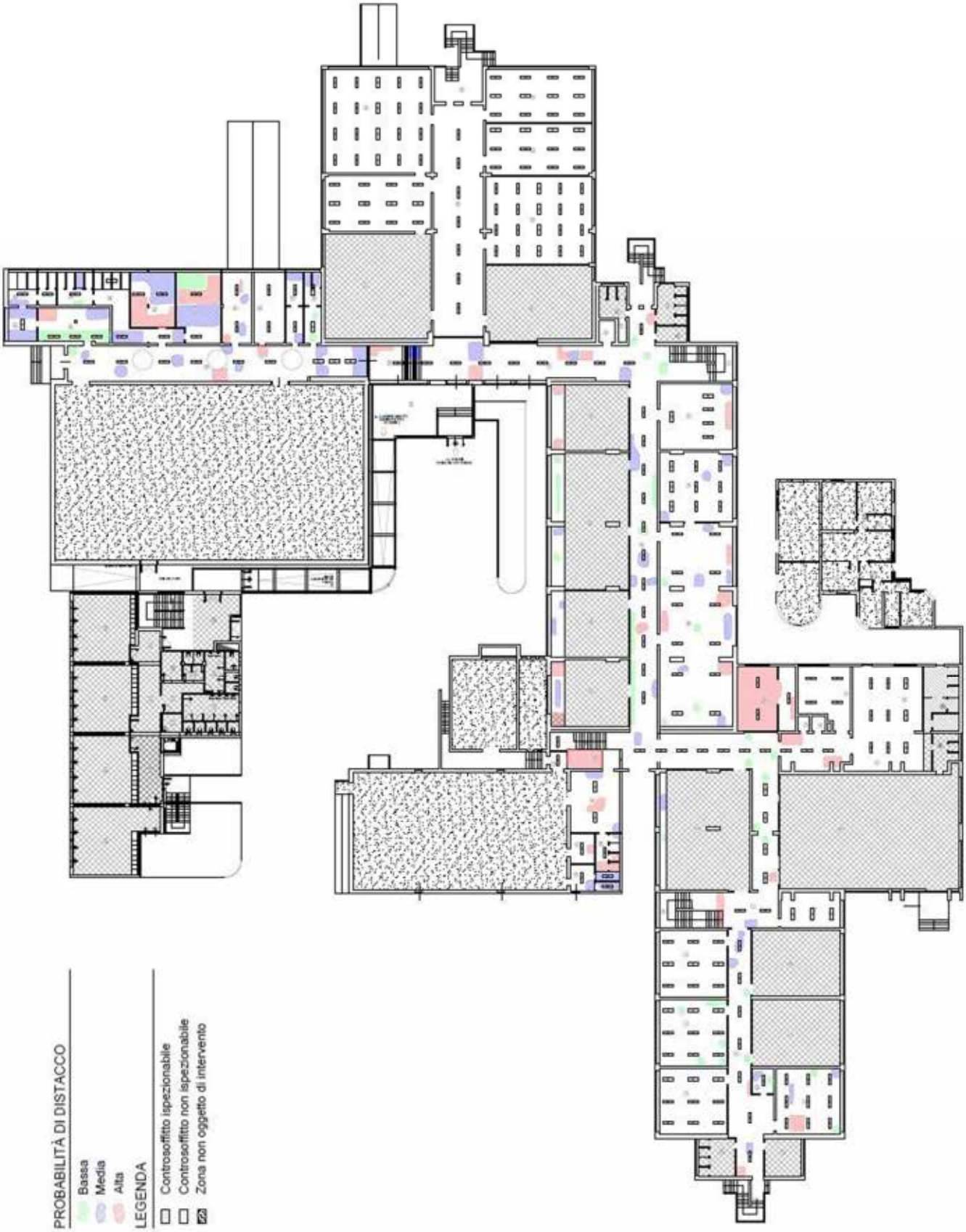
Rovereto, XX/XX/XXXX

Per la CO.M.Sigma s.r.l.
Il Direttore Tecnico.
Ing. Alessandro Battisti.

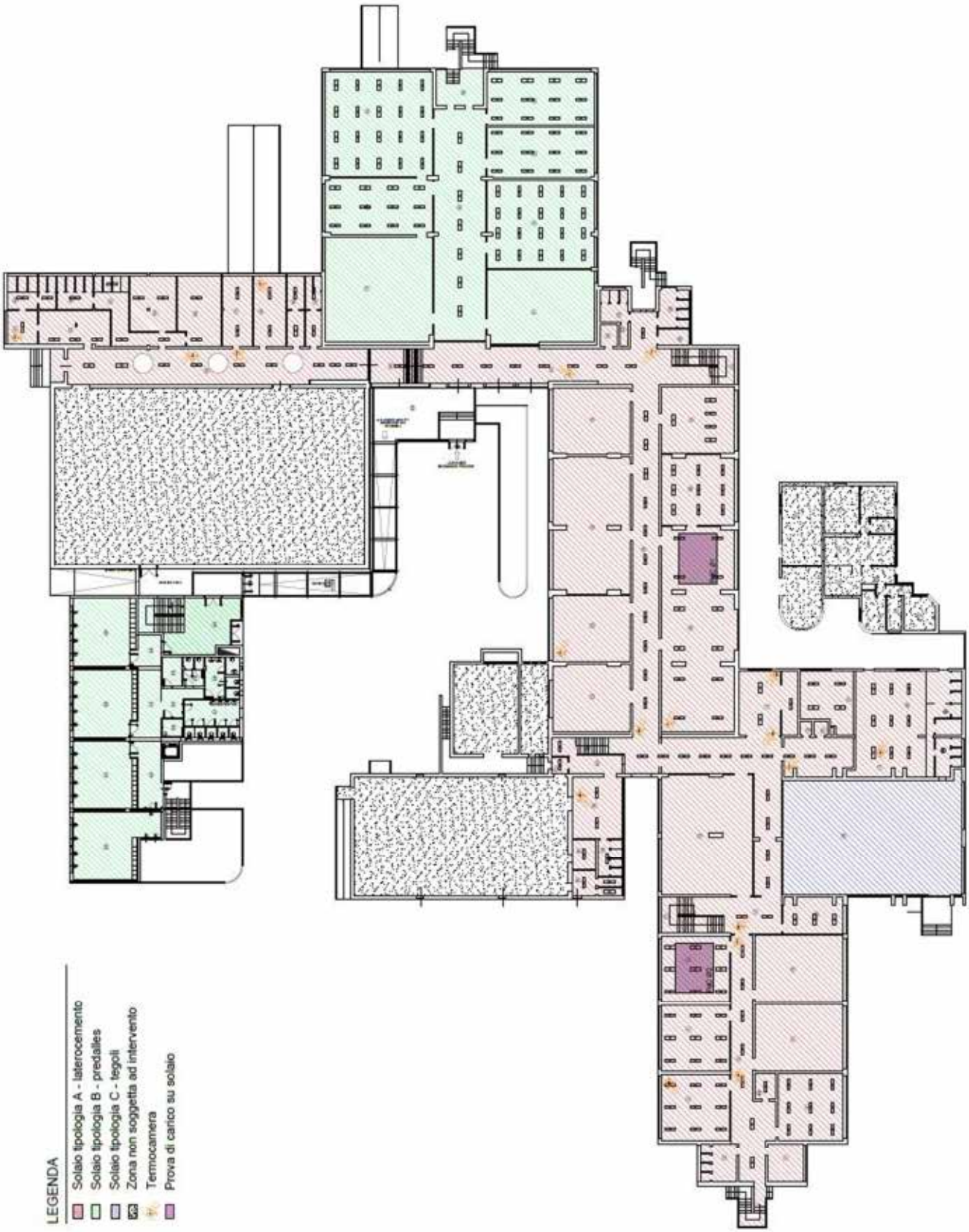
TAV.001_INDAGINE VISIVA PIANO TERRA


LEGENDA
Posizione prova di carico
Corpo illuminante - condizioni di posa
buone / medie / scarse
Fessurazioni
Controsoffitto ispezionabile
Controsoffitto non ispezionabile
Zona non oggetto di intervento
Presenza di umidità
Orditura solaio

TAV.002_SFONDELLAMENTO PIANO TERRA


PROBABILITÀ DI DISTACCO
Bassa
Media
Alta
LEGENDA
Controsoffitto ispezionabile
Controsoffitto non ispezionabile
Zona non oggetto di intervento

TAV.003_TIPOLOGIA SOLAIO PIANO TERRA


LEGENDA
Solaio tipologia A - laterocemento
Solaio tipologia B - predalles
Solaio tipologia C - tegoli
Zona non soggetta ad intervento
Termocamera
Prova di carico su solaio