

LINEA DI RICERCA 2.2

VENEZIA

UN MILLENNIO DI COSTRUZIONI
E LA PROTEZIONE DALLE "ACQUE SALSE"

Responsabile: prof. Mario Piana

Dipartimento di Storia dell'Architettura

Università IUAV di Venezia

LINEA DI RICERCA 2.3

METODOLOGIE DI INDAGINE
E TECNICHE DI INTERVENTO
PER IL RESTAURO E IL CONSOLIDAMENTO
DEGLI EDIFICI VENEZIANI

Responsabile: prof. Giulio Mirabella Roberti

Dipartimento di Storia dell'Architettura

Università IUAV di Venezia

WP2 (2.1) I sistemi utilizzati per contrastare i problemi dovuti all'acqua

Responsabile: prof. Paolo Faccio

Dipartimento di Costruzione dell'Architettura – Università IUAV di Venezia

Collaboratori: ing. Donato Chiffi, dott.ssa Alessia Vanin

• DEFINIZIONE DEI PRINCIPALI FENOMENI DI DANNEGGIAMENTO DEL SISTEMA MURATURA – SOLAIO LIGNEO DOVUTI A FENOMENI DI RISALITA CAPILLARE DELL'UMIDITA' ED ALL'EROSIONE DETERMINATA DAL CONTATTO CON L'ACQUA SALMASTRA

• ANALISI TEORICA DEGLI EFFETTI STRUTTURALI DEL DANNEGGIAMENTO

• DEFINIZIONE DI PROTOTIPI SPERIMENTALI ED ESECUZIONE DI TESTS DI LABORATORIO PER VALUTAZIONE DELL'INCIDENZA DEI FENOMENI DI DANNEGGIAMENTO INDIVIDUATI

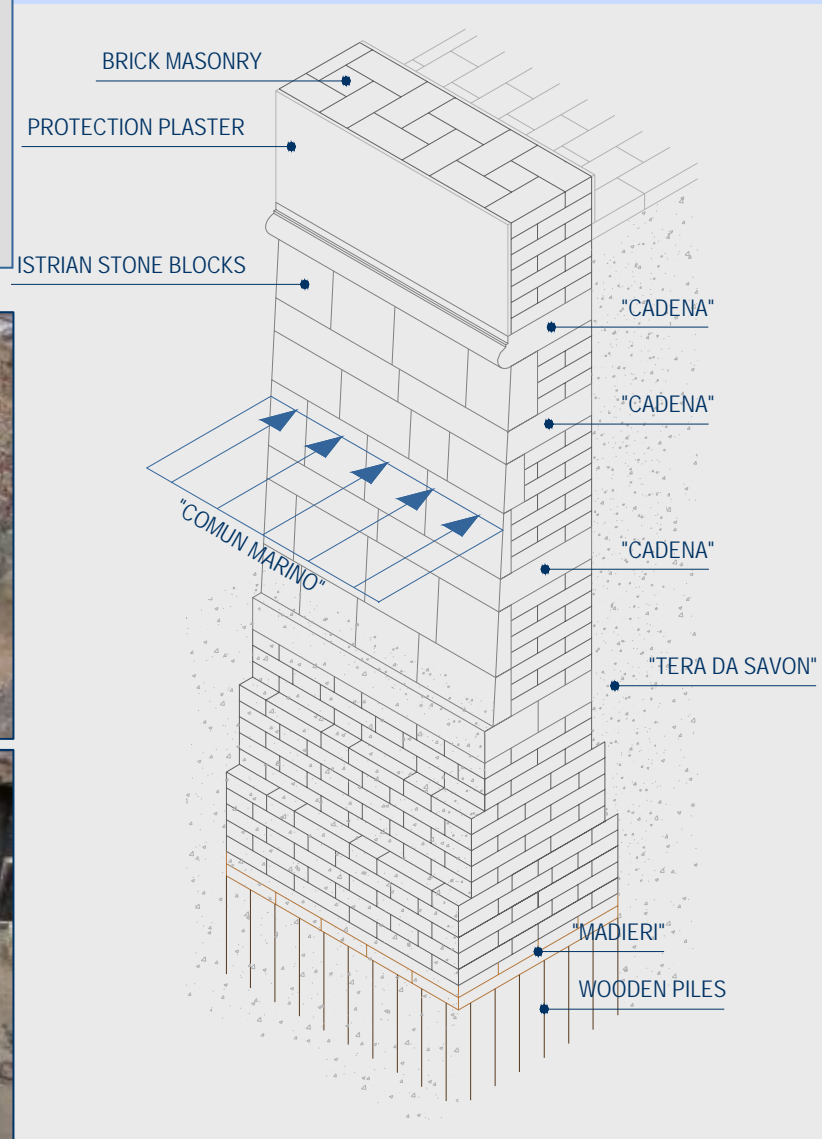
• MODELLAZIONE ANALITICA E NUMERICA, VALUTAZIONE DELL'ATTENDIBILITA' DEI MODELLI PER CONFRONTO CON I RISULTATI DELLA SPERIMENTAZIONE

1. INDAGINE BIBLIOGRAFICA SULLE TECNICHE COSTRUTTIVE

SOLUZIONI TECNICHE

1. PALI IN LEGNO
2. "MADIERI" = TAVOLE IN LEGNO
3. BLOCCHI IN PIETRA D'ISTRIA
4. "CADENE" = STRATI CONTINUI DI BLOCCHI IN PIETRA D'ISTRIA
5. INTONACO DI PROTEZIONE
6. "TERA DA SAVON" = ARGILLA IMPERMEABILE

SCHEMA DEL SISTEMA DI FONDAZIONE



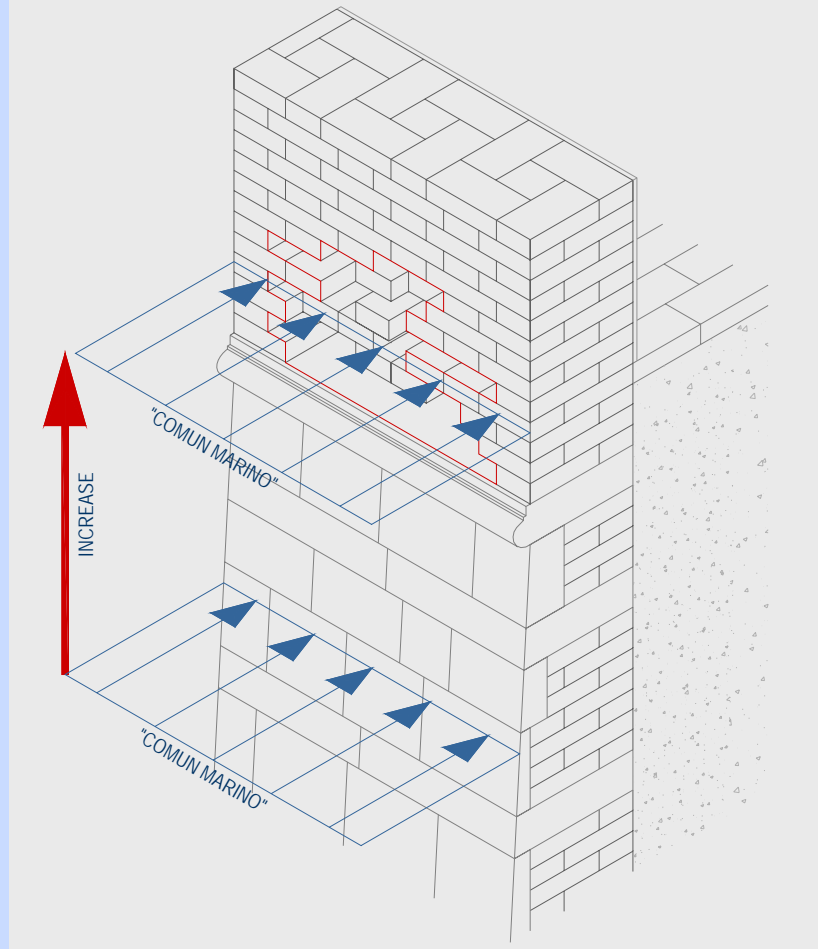
SISTEMA DI FONDAZIONE
DEI "Magazzini Ligabue"
a DORSODURO



2. MECCANISMI DI DANNO MATERICO E CONSEGUENZE STRUTTURALI

FATTORI DI ALTERAZIONE

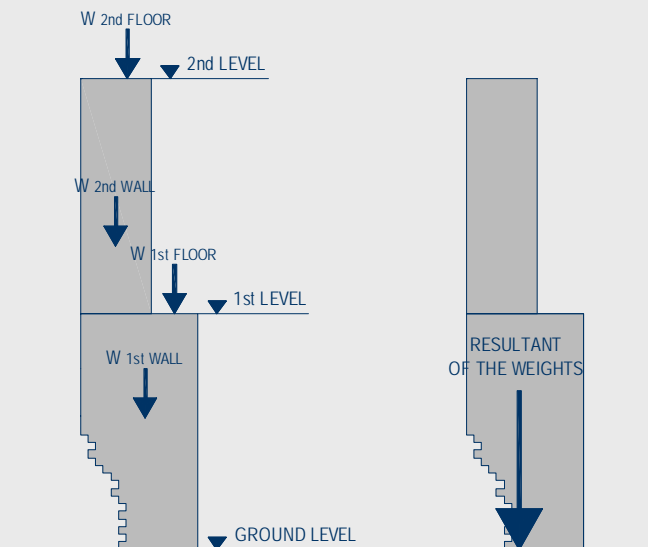
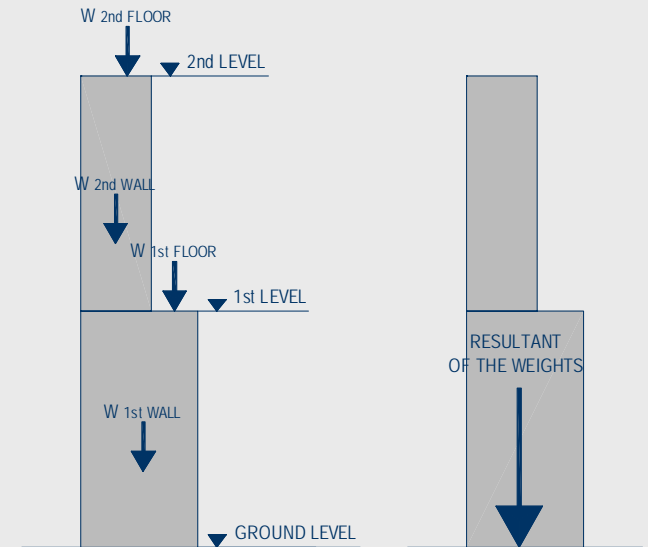
1. INCREMENTO DEL LIVELLO MAREAE NEL CORSO DEI SECOLI
2. SPROFONDAMENTO DEL TERRENO DI FONDAZIONE



EFFETTI DELL'ALTERAZIONE

RIDUZIONE DELLA SEZIONE GEOMETRICA DEL MURO ALLA BASE

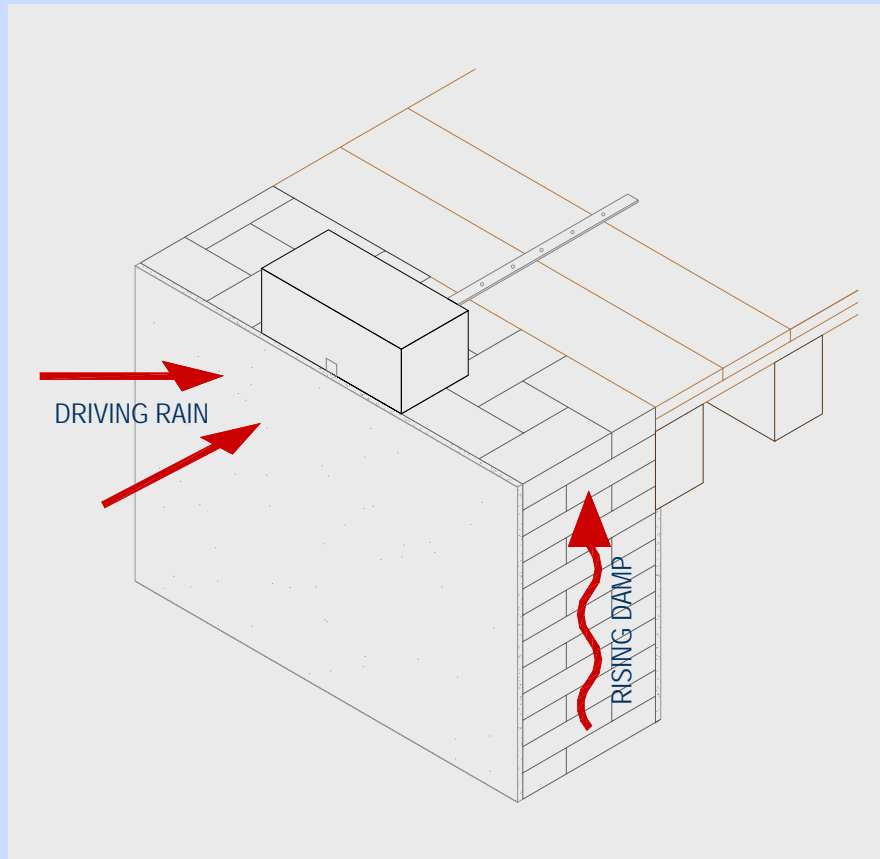
CONSEGUENZE STRUTTURALI



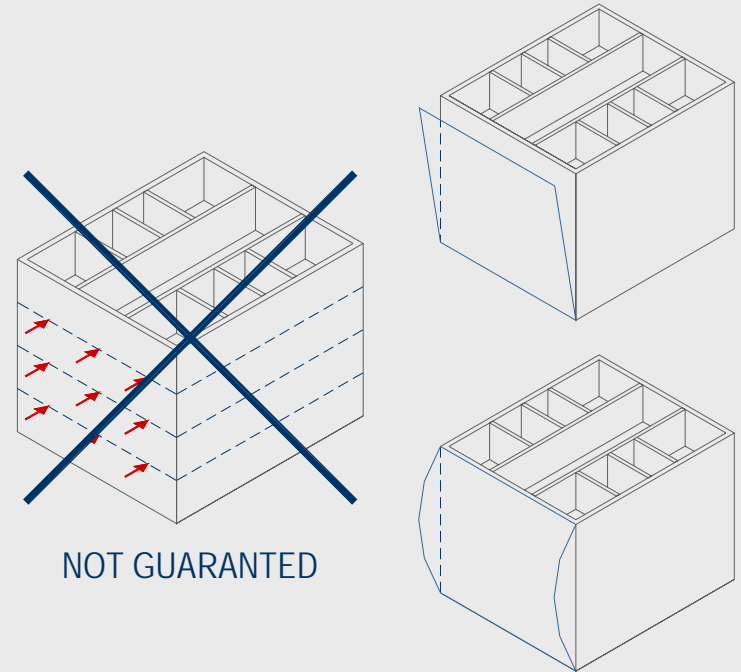
2. MECCANISMI DI DANNO MATERICO E CONSEGUENZE STRUTTURALI

FATTORI DI ALTERAZIONE

1. UMIDITA' DI RISALITA
2. PIOGGIA BATTENTE



CONSEGUENZE STRUTTURALI



EFFETTI DELL'ALTERAZIONE

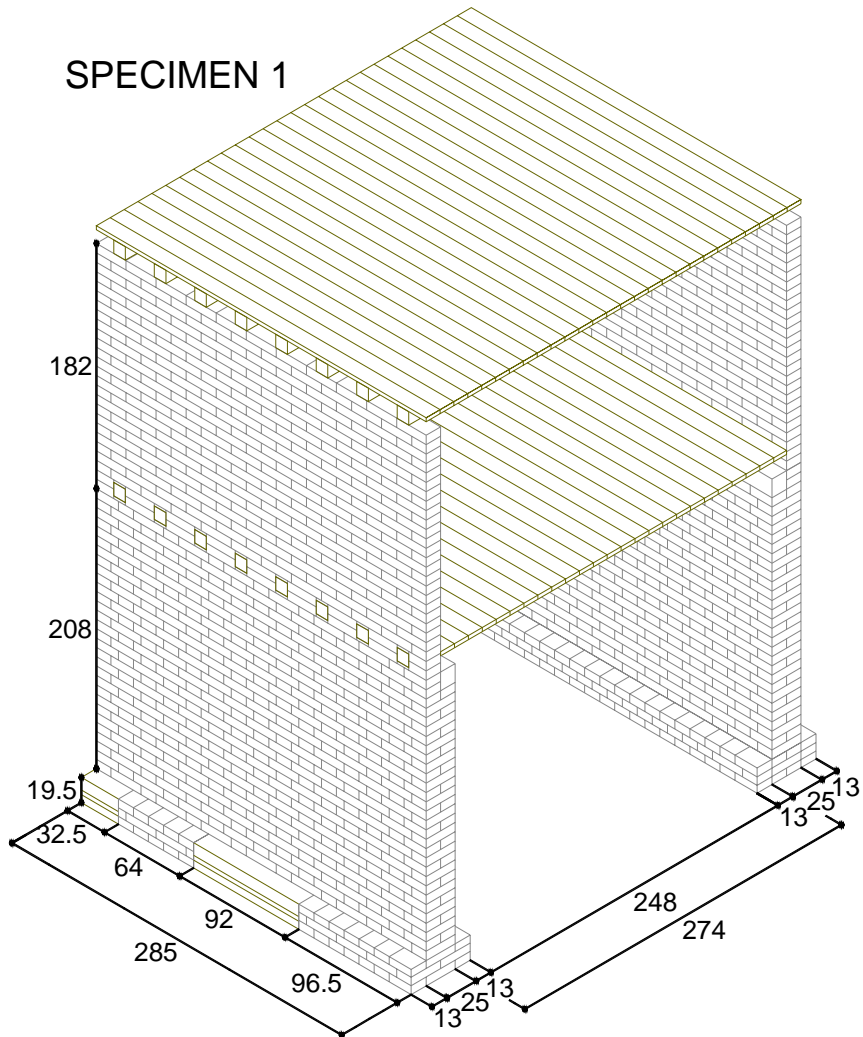
RIDUZIONE DELLE PROPRIETA' MECCANICHE DELLA MURATURA
OSSIDAZIONE DEI TIRANTI METALLICI

VALUTAZIONE SPERIMENTALE

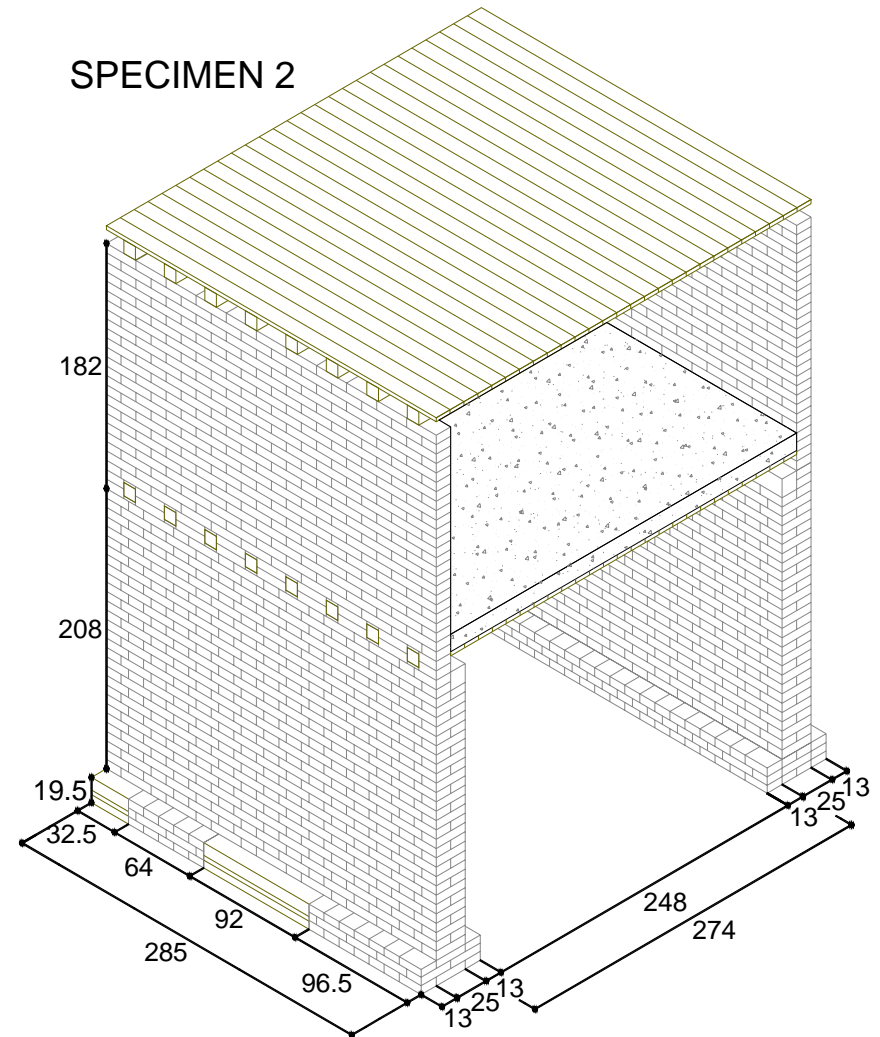
Sede realizzazione prototipi ed esecuzione prove sperimentali:

Laboratorio di esercitazioni pratiche del Centro Formazione Maestranze Edili di Fossalta di Portogruaro

SPECIMEN 1

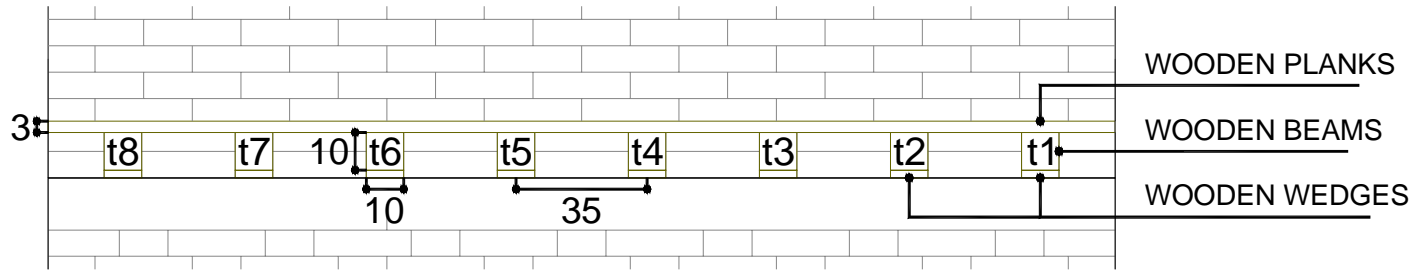


SPECIMEN 2

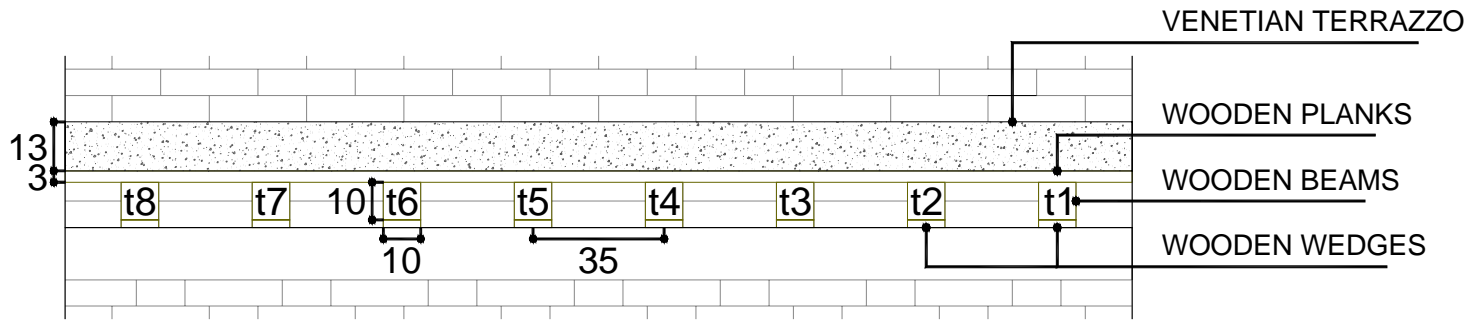


VALUTAZIONE SPERIMENTALE

1ST FLOOR

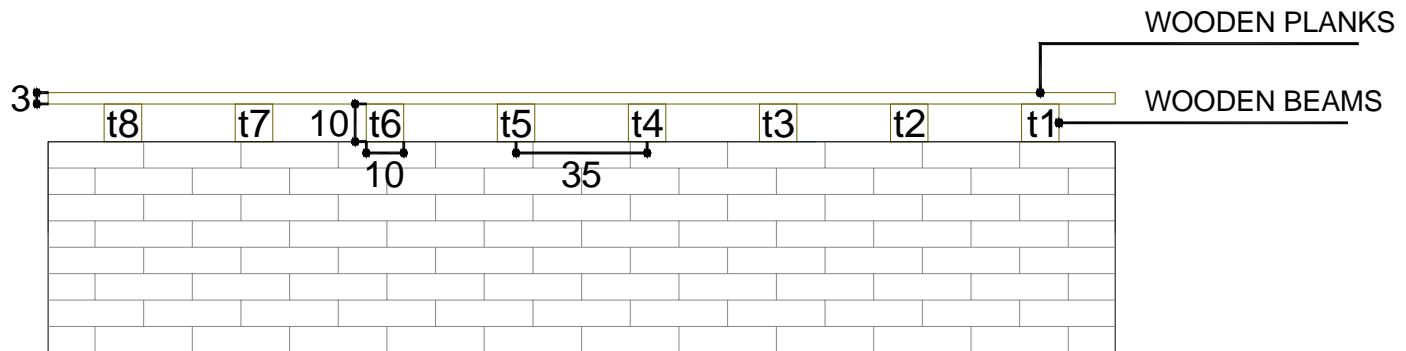


SPECIMEN 1



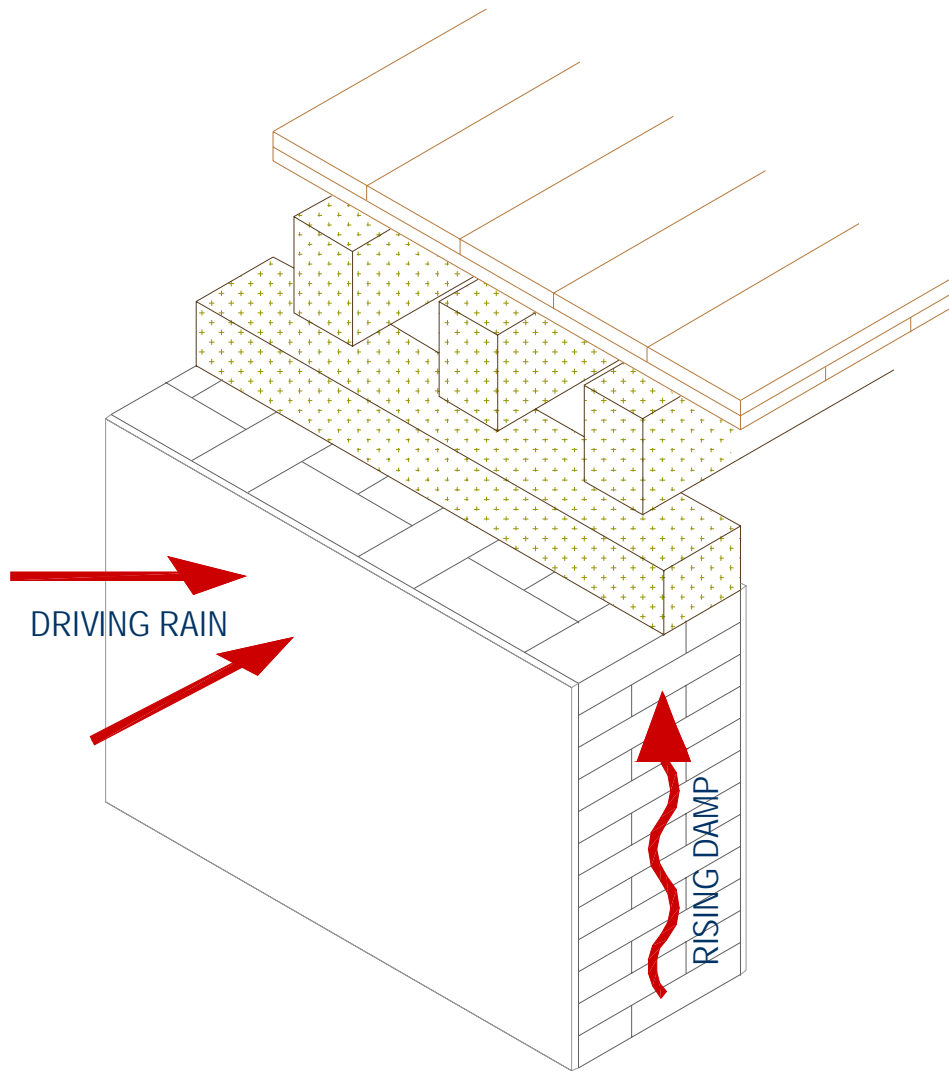
SPECIMEN 2

2ND FLOOR



SPECIMENS 1 AND 2

VALUTAZIONE SPERIMENTALE

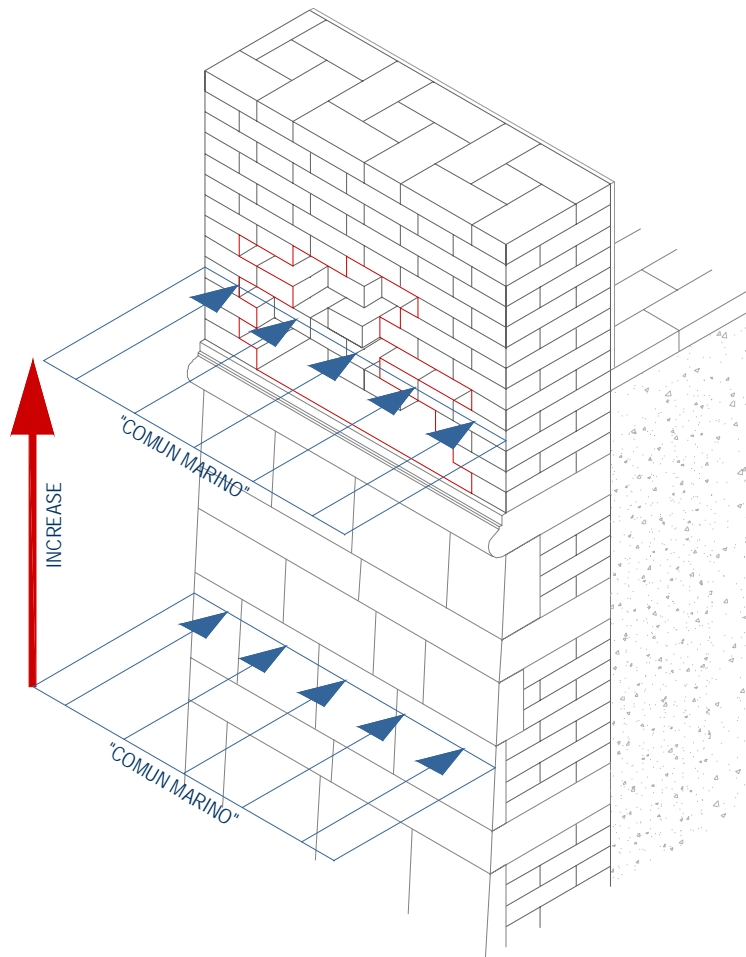


Particolare appoggio del primo solaio



Particolare appoggio del secondo solaio

VALUTAZIONE SPERIMENTALE



Base di uno dei due setti



Particolare appoggio alla base di uno dei due setti



Particolare appoggio alla base di uno dei due setti

VALUTAZIONE SPERIMENTALE

ENTI SOLLECITANTI



Carico distribuito di 100-200-300 kg/m² costituito da sacchi di sabbia



Carico concentrato di entità crescente (0-2000 kg) applicato mediante martinetto oleodinamico

PARAMETRI MISURATI



Abbassamenti travi del primo solaio



Abbassamenti muratura

VALUTAZIONE SPERIMENTALE



Scarnificazione giunti base del muro



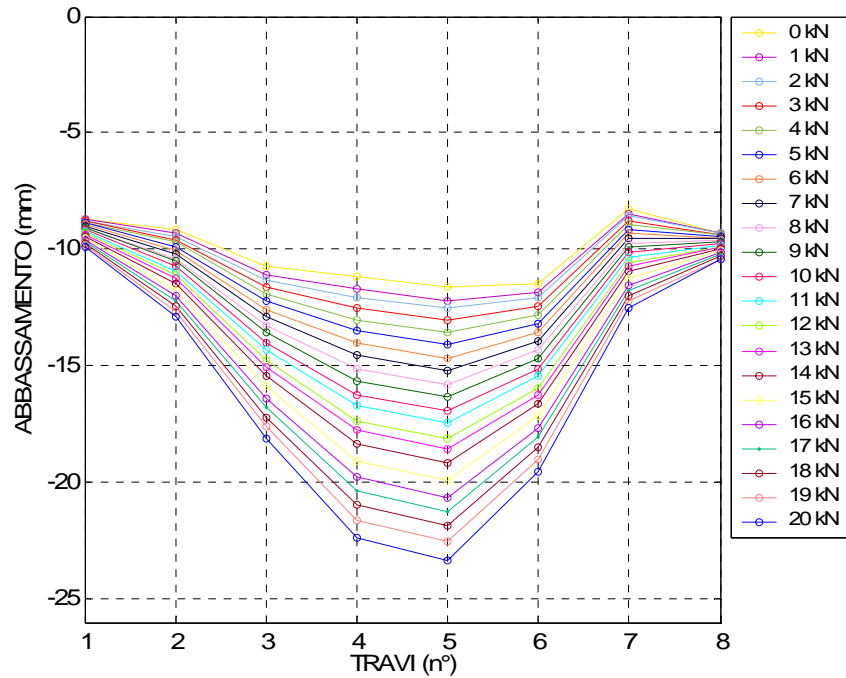
Eliminazione zeppe sotto trave primo solaio



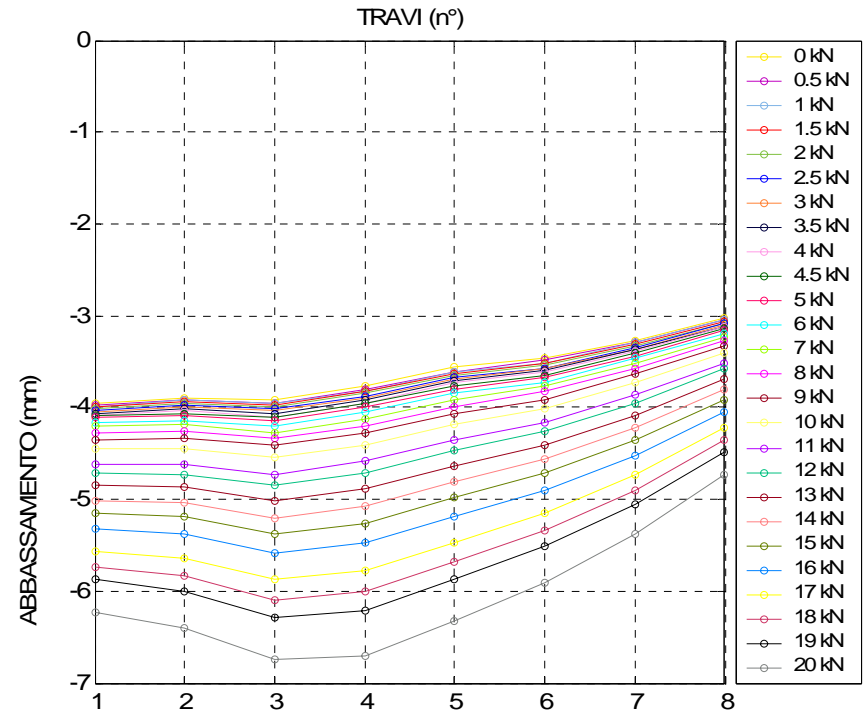
Eliminazione zeppe alla base del muro

VALUTAZIONE SPERIMENTALE

PROTOTIPO 1 - Struttura integra



PROTOTIPO 2 - Struttura integra



DIVERSA ENTITA' ABBASSAMENTI

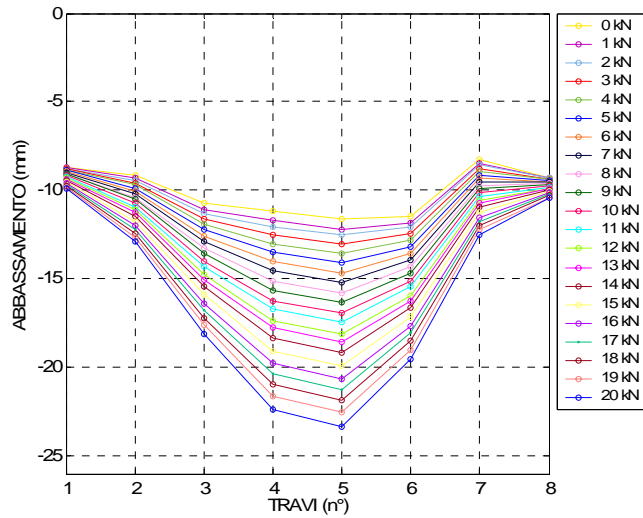
DIVERSA DEFORMATA TRASVERSALE DEL SOLAIO

TERRAZZO: ELEMENTO DI RIPARTIZIONE? ELEMENTO RESISTENTE?

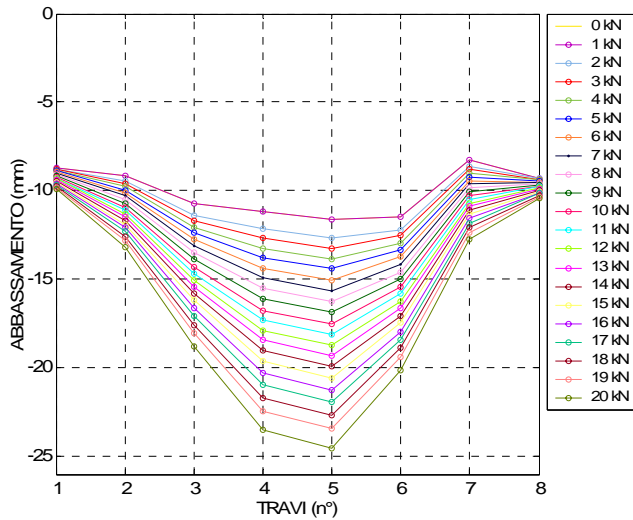
VALUTAZIONE SPERIMENTALE

PROTOTIPO 1

Struttura integra

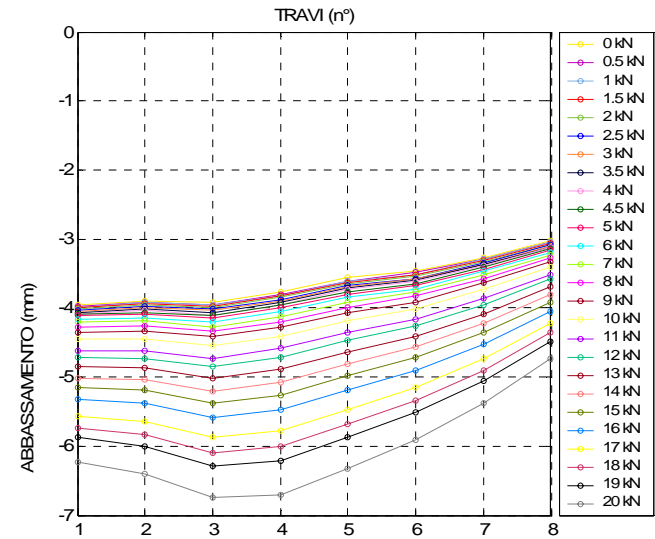


Struttura senza due zeppe travi centrali

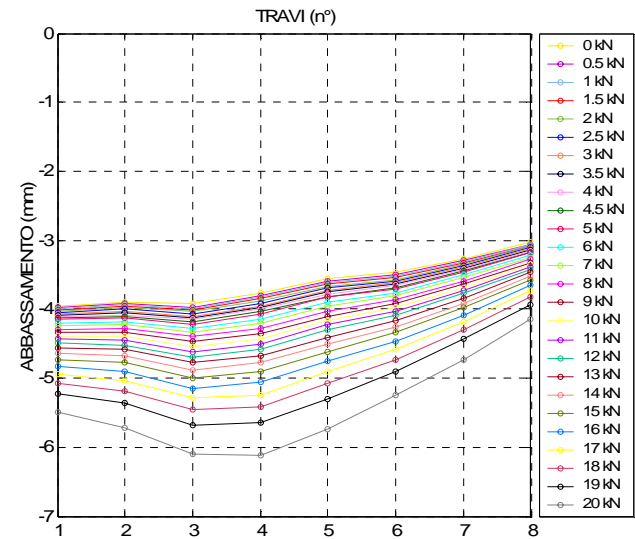


PROTOTIPO 2

Struttura integra



Struttura senza due zeppe travi centrali



SCARSA INFLUENZA SULLA DEFORMATA DELLA RIDUZIONE DELL'APPOGGIO DELLE TRAVI

VALUTAZIONE SPERIMENTALE

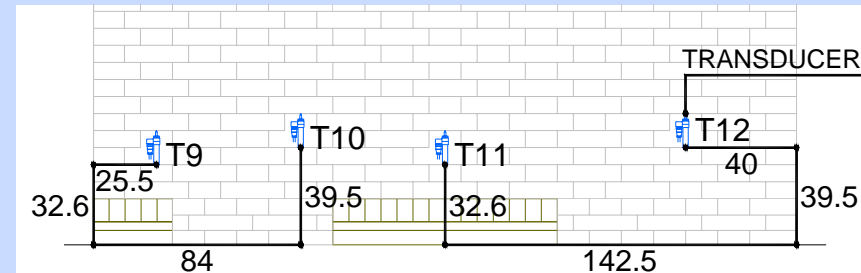
PROTOTIPO 1

T9	T10	T11	T12	
0,02	0,02	0,03	0,02	struttura integra
0.03	0.03	0.02	0.02	struttura senza 2 zeppe centrali travi
0,01	0,04	0,04	0,01	struttura senza 4 zeppe travi centrali e senza zeppe centrali e laterali fondazione

PROTOTIPO 2

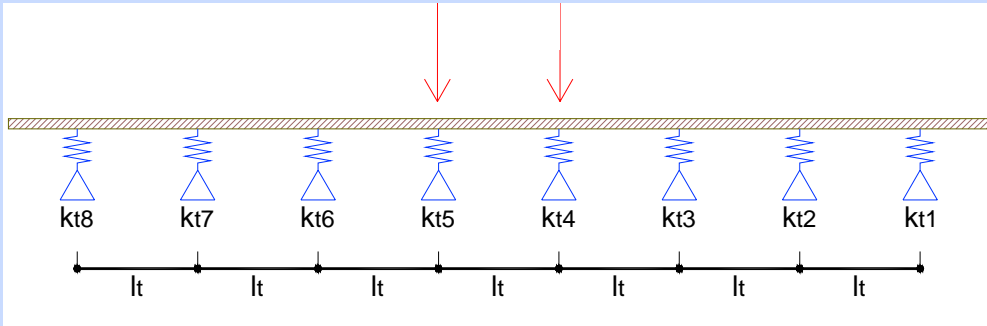
T9	T10	T11	T12	
0,02	0,04	0,02	0,02	struttura integra
0.02	0.02	0.02	0.02	struttura senza 2 zeppe centrali travi
0,02	0,05	0,06	0,01	struttura senza 4 zeppe travi centrali e senza zeppe centrali e laterali fondazione

**INFLUENZA SUGLI ABBASSAMENTI
DEI CEDIMENTI DI FONDAZIONE,
SCARSA INFLUENZA DELLA
MODIFICA DELLA CONSISTENZA
DELL'APPOGGIO DELLE TRAVI**



MODELLAZIONE ANALITICA

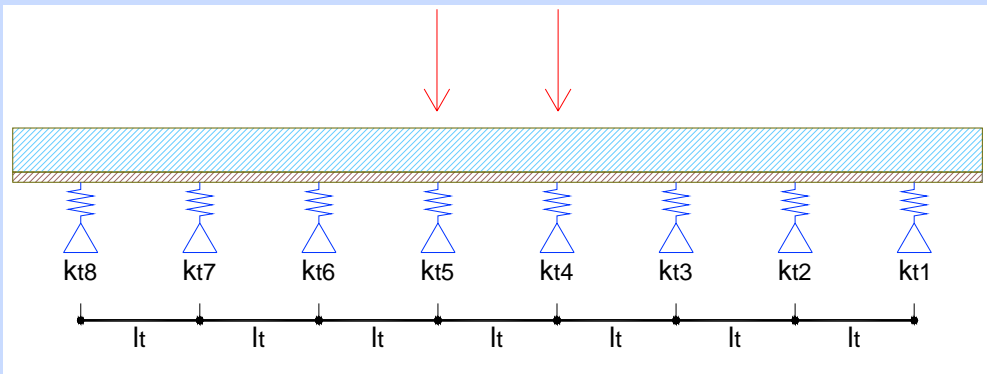
PROTOTIPO 1



TAVOLATO = ELEMENTO DI RIPARTIZIONE

**SEZIONE RESISTENTE
= SEZIONE TRAVE IN LEGNO**

PROTOTIPO 2



**TAVOLATO + TERRAZZO
= ELEMENTO DI RIPARTIZIONE**

**SEZIONE RESISTENTE
= SEZIONE TRAVE IN LEGNO + SEZIONE
PORZIONE DI TERRAZZO SOVRASTANTE**

Codice di calcolo: MATLAB

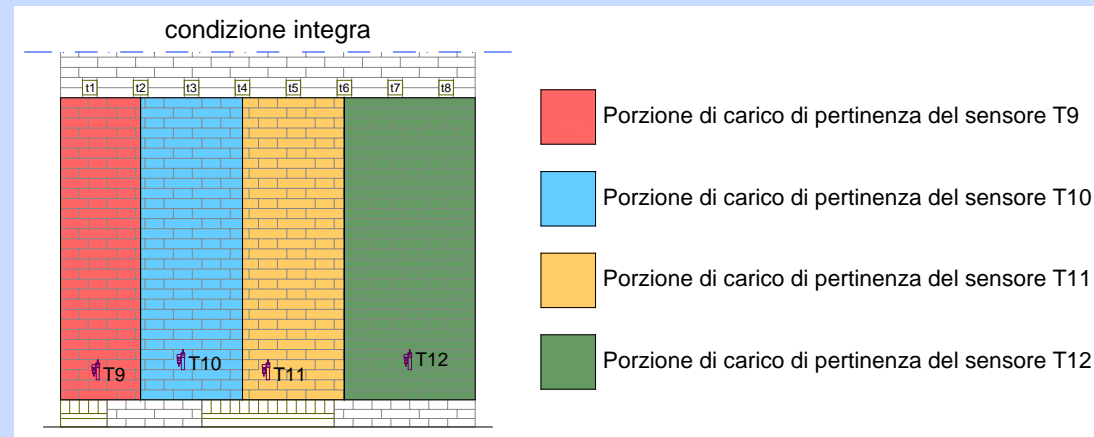
CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

UTILIZZATI NELLE SIMULAZIONI

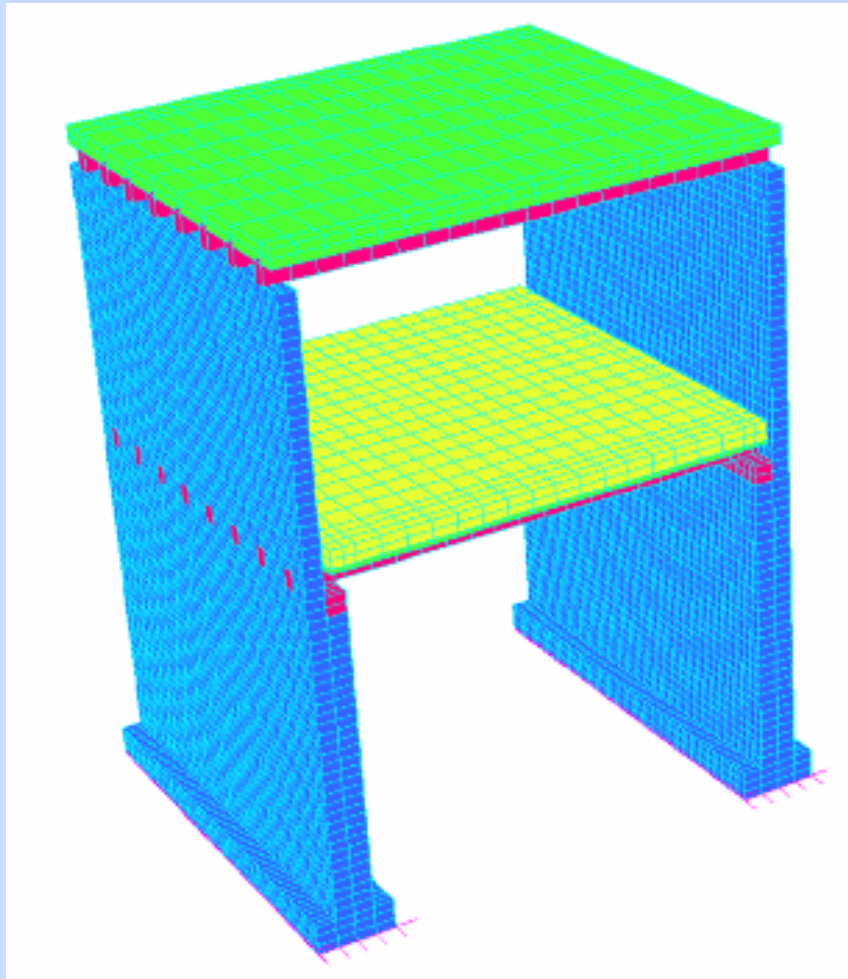
MURATURA $E = 1.500 \text{ MPa}$

LEGNO $E = 8.500 \text{ MPa}$

TERRAZZO $E = 500 \text{ MPa}$



MODELLAZIONE NUMERICA



Codice di calcolo: STRAUS

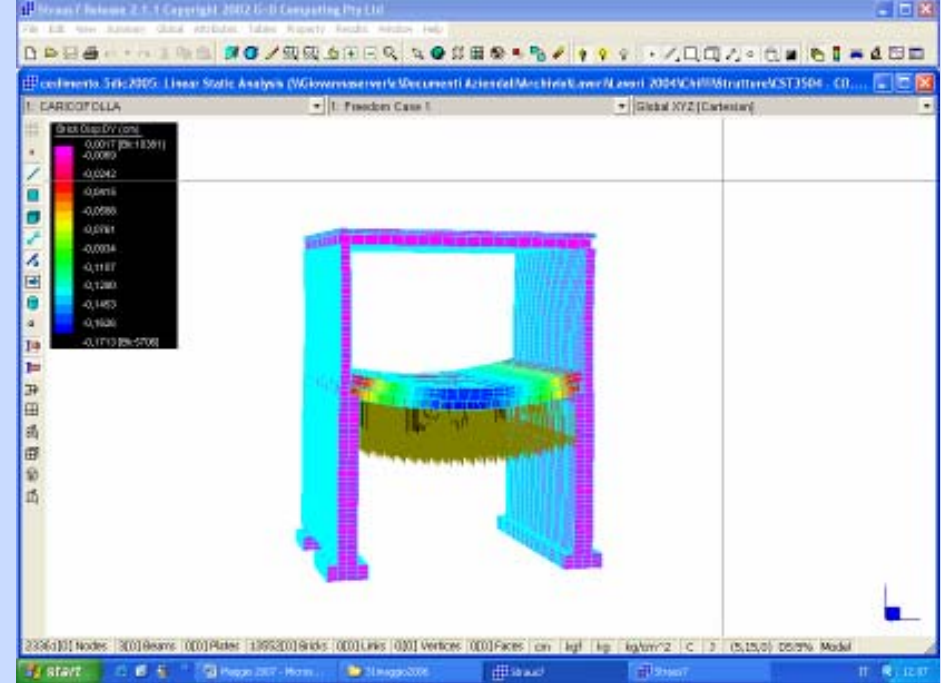
CARATTERISTICHE DEL MODELLO

30.990 nodi

23.584 elementi brick a 8 nodi posti sui vertici

(DIMENSIONI:

6.25 cm di larghezza lungo l'asse z, 7 cm di profondità lungo l'asse x e 6 cm di altezza lungo l'asse y.)



CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI UTILIZZATI NELLE SIMULAZIONI

MURATURA

situazione integra $E_m = 1.500 \text{ MPa}$

situazione deteriorata $E_{md} = 500 \text{ MPa}$

coefficiente di Poisson $\nu_m = 0.15$

peso specifico $\gamma_m = 1.800 \text{ DaN/m}^3$

LEGNO

modulo elastico $E_l = 8.500 \text{ MPa}$

coefficiente di Poisson $\nu_l = 0.15$

peso specifico $\gamma_l = 600 \text{ DaN/m}^3$

TERRAZZO

modulo elastico $E_P = 500 \text{ MPa}$

coefficiente di Poisson $\nu_P = 0.15$

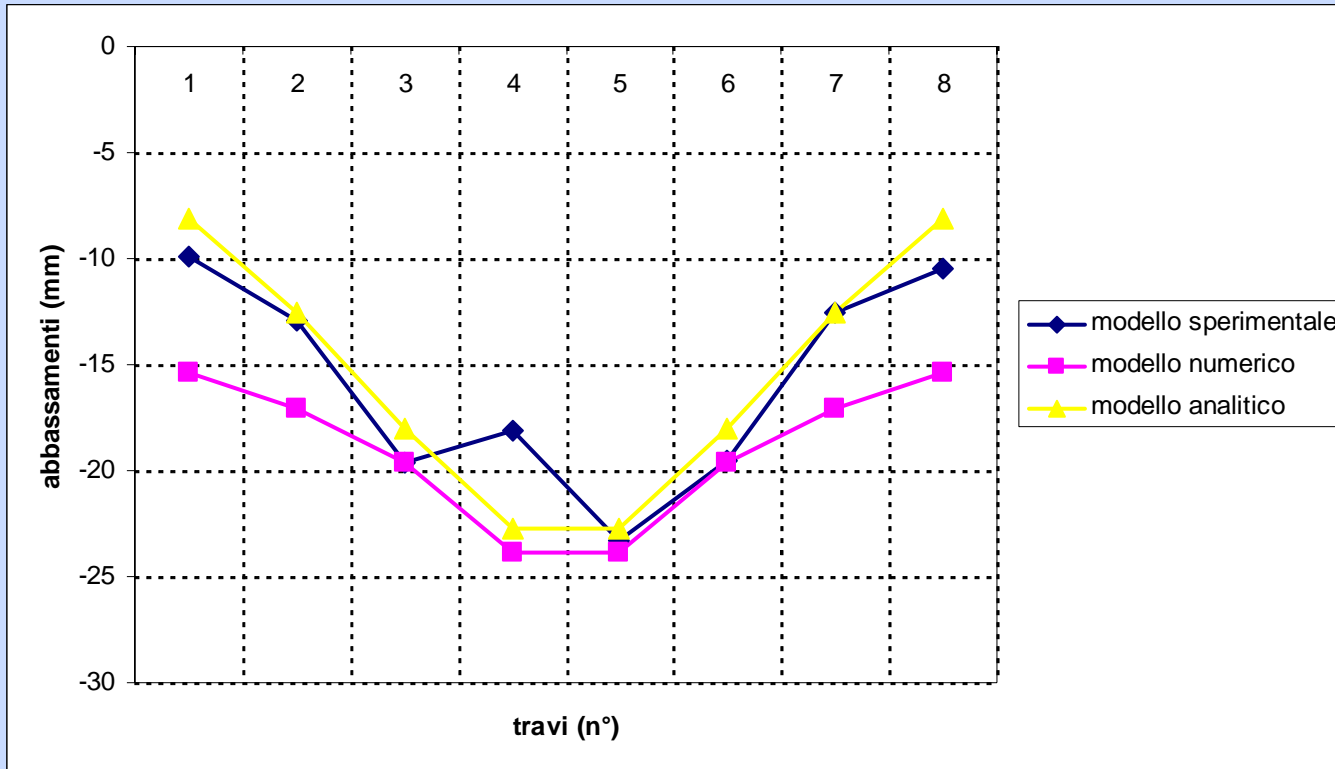
peso specifico $\gamma_P = 2.200 \text{ DaN/m}^3$

PIANO FONDAZIONE

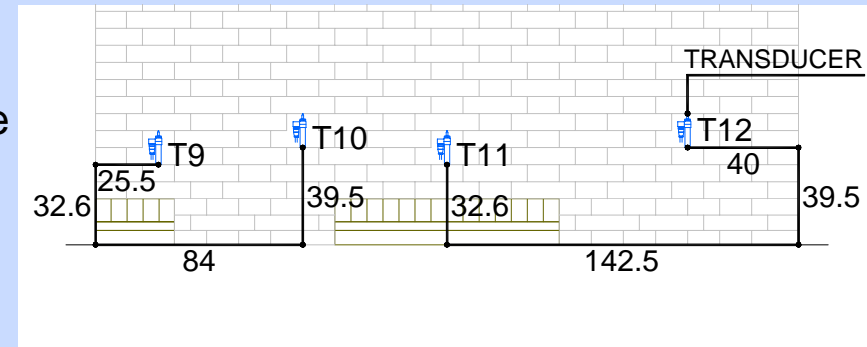
modulo di Winkler $K_t = 30.000 \text{ DaN/m}^3$

CONFRONTO TRA RISULTATI SPERIMENTALI, ANALITICI E NUMERICI

PROTOTIPO 1

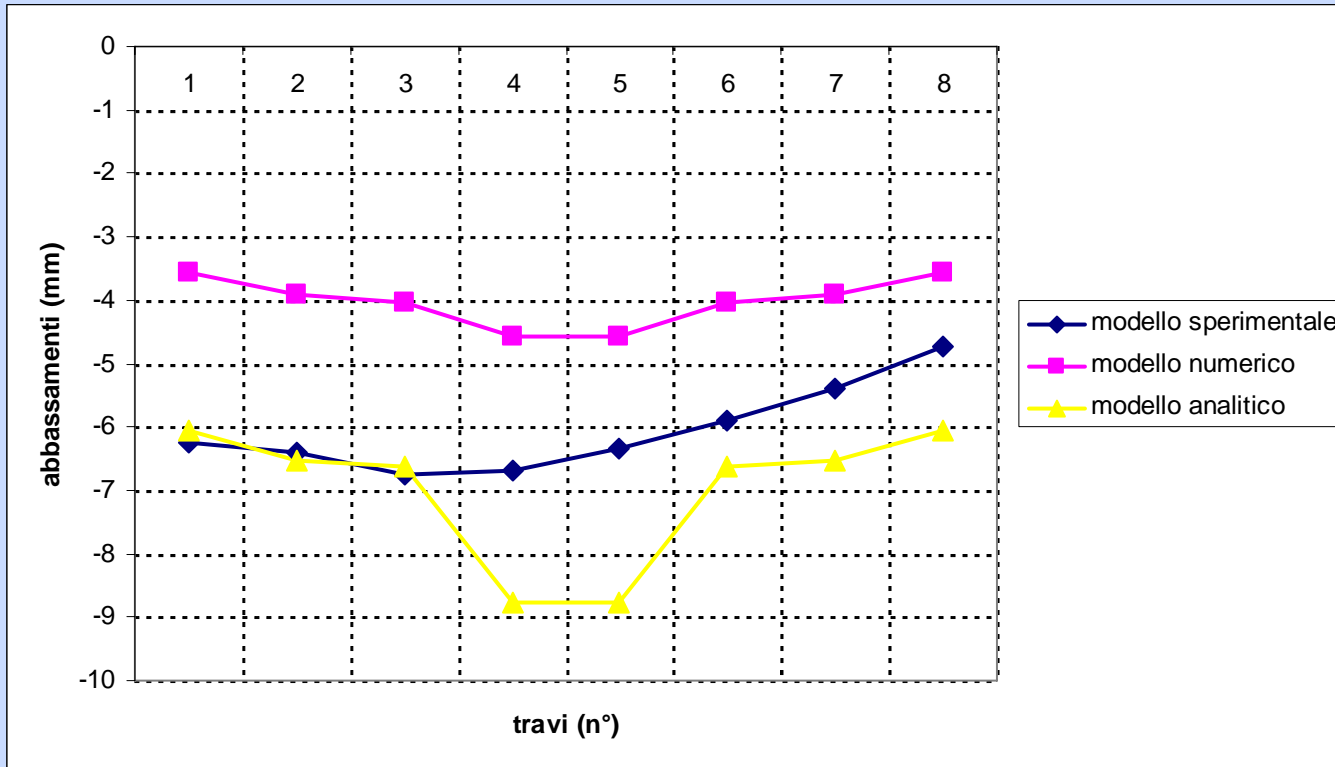


T9	T10	T11	T12	
0,02	0,02	0,03	0,02	modello sperimentale
0,02	0,07	0,10	0,03	modello analitico
0,027	0,035	0,035	0,033	modello numerico

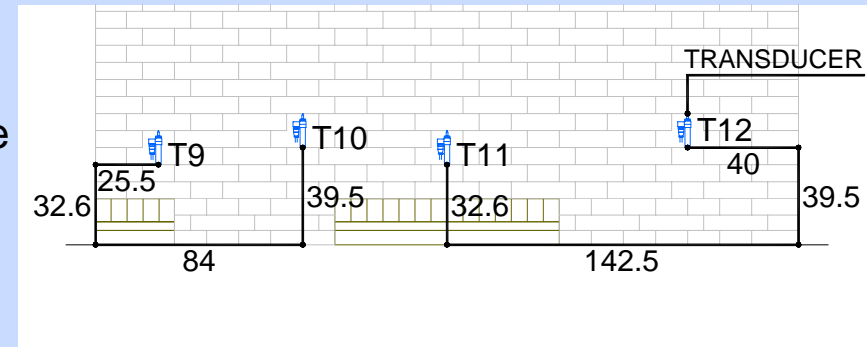


CONFRONTO TRA RISULTATI SPERIMENTALI, ANALITICI E NUMERICI

PROTOTIPO 2



T9	T10	T11	T12	
0,02	0,04	0,02	0,02	modello sperimentale
0,04	0,06	0,08	0,05	modello analitico
0,058	0,056	0,057	0,055	modello numerico



- **FONDAMENTALE LA VALUTAZIONE DELLO STATO DI CONSERVAZIONE DELLA SOVRASTRUTTURA DEL SOLAIO, CHE CONSENTE UNA STIMA DELLA RIGIDEZZA**

- **SENSIBILE CONTRIBUTO DEL TERRAZZO ALLA VENEZIANA SIA COME ELEMENTO DI RIPARTIZIONE CHE DI ENTE RESISTENTE**

- **SOVRASTIMA DELLA RIDUZIONE DELLA SEZIONE DI APPOGGIO NELLA VALUTAZIONE ANALITICA RISPETTO ALLA SPERIMENTAZIONE. SCARSO RUOLO DELLA MODIFICA DELL'ECCESTRICITA'**

- **SOVRASTIMA DELL'EFFETTO DEGLI ABBASSAMENTI NELLA MURATURA IN FASE ANALITICA IN RELAZIONE ALLA POCA ATTENDIBILITA' DEI MODULI DI ELASTICITA' SCELTI**

RISULTATI DELLA RICERCA

- **GRANDE RILEVANZA DELLO STATO DI CONSERVAZIONE DELLA SOVRASTRUTTURA, IN GRADO DI CONDIZIONARE GLI EFFETTI DELLO STATO DI DANNO DELLA MURATURA**
- **UN LIVELLO DI CONOSCENZA SPEDITIVO, CARATTERI PREVALENTEMENTE VISIVI, NON CONSENTE UN EFFICACE UTILIZZO DEI METODI NUMERICI A DISCAPITO DELLE VERIFICHE ANALITICHE**
- **NELLE VERIFICHE ANALITICHE VENGONO SOVRASTIMATI ALCUNE VALUTAZIONI DIRETTE, LUCE TEORICA DI CALCOLO DELLA TRAVE, CHE SPERIMENTALMENTE NON HANNO MODIFICATO IL COMPORTAMENTO**
- **PRIORITA' DI VALUTAZIONE PREVALENTEMENTE, NEL CASO SPEDITIVO, DELLO STATO DI CONSERVAZIONE DELLA SOVRASTRUTTURA DEL SOLAIO, MENTRE L'ANALISI DELLE MURATURE PER CONSIDERAZIONI QUANTITATIVE DEVE ESSERE ASSOCIATA AD INDAGINI IN SITU**

Publicazioni sulla ricerca:

Faccio, P., Chiffi, D., Vanin, A., (2006) Structural behaviour of damaged venetian buildings: experimental evaluation, Proceedings of Structural Analysis of Historical Constructions, New Delhi 6 – 8 november 2006, P.B. Lourenço, P. Roca, C. Modena, S. Agrawal Eds., pp. 799-808