



ORDINE degli INGEGNERI della
PROVINCIA di NAPOLI

arkeda MOSTRA • CONVEGNO
DELL'ARCHITETTURA, EDILIZIA, DESIGN & ARREDO
NAPOLI 28/29/30 NOVEMBRE 2014 MOSTRA D'OLTREMARE

*Lectio Magistralis del
prof. ing. Renato Sparacio*

LA CULTURA dell'INGEGNERE nel PROGETTO di RIPARAZIONE e CONSOLIDAMENTO degli EDIFICI STORICI

Sabato 29 Novembre 2014
MOSTRA d'OLTREMARE - NAPOLI

IL SISMA



Gli effetti
Le Tecniche
Il rischio
Cenni di teoria

RIPARAZIONE e
CONSOLIDAMENTO



Materiali e tecniche

LE PROVE di CANTIERE



Prove in sito ed in laboratorio

GLI APPROCCI di ANALISI



Analisi tensionale
Analisi statica per meccanismi
Analisi FEM 3D dinamica modale
Analisi 3D statica non lineare – Push Over

L'ISOLAMENTO ALLA BASE



Cenni

Oggi la scienza può difenderci dal sisma



C'è qualcosa di nuovo oggi nel cielo, anzi d'antico ...

Il sisma – Gli effetti



Pianto indiano

Il sisma – Gli effetti



Qui si vede il passaggio creato dai Vigili per recuperare i corpicini degli scolari della prima elementare di San Giuliano, con la loro maestra.

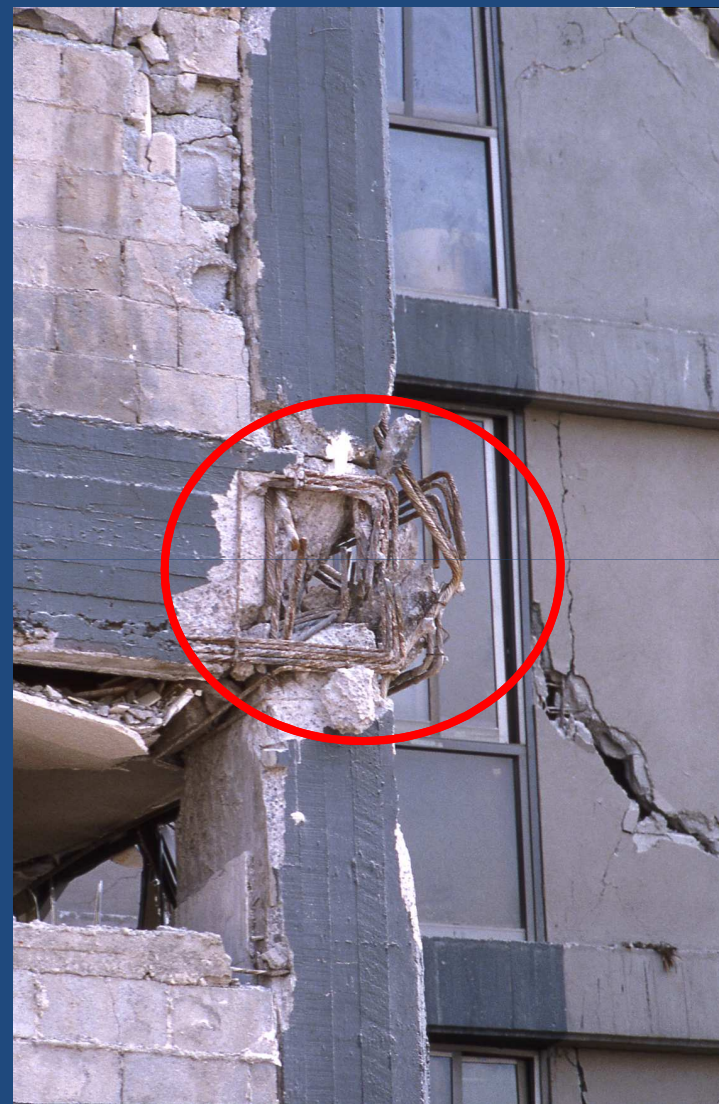
Tutta la classe scomparve e nei corsi scolastici degli ultimi anni è rimasto un vuoto.

Il sisma – Gli effetti



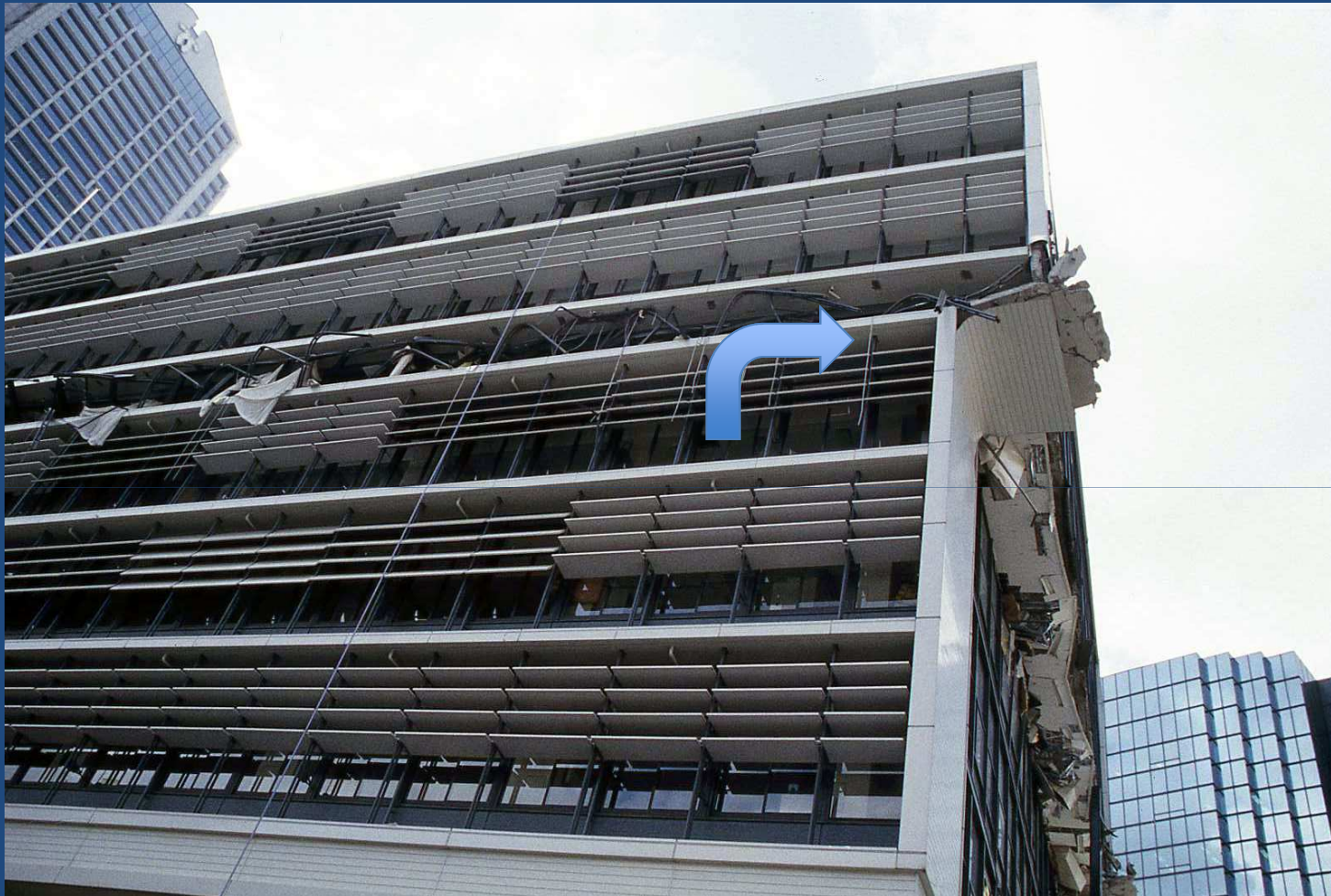
Ma non dimenticateli, i bambini di San Giuliano di Puglia.
Nel primo anniversario della strage, ecco 27 coroncine +1 per la Maestra

Il sisma – Gli effetti



Il drift distrugge i nodi

Il sisma – Gli effetti



Il drift del terz'ultimo piano ha ridotto l'altezza del palazzo

Il sisma – Gli effetti



L'orribile ammucchiata di un tragico collasso: era un fabbricato di cinque piani a Città del Messico

Il sisma – Gli effetti



L'aquila 2009

Il sisma – Gli effetti



L'aquila 2009

Il sisma – Gli effetti



L'aquila 2009

Il sisma – Gli effetti



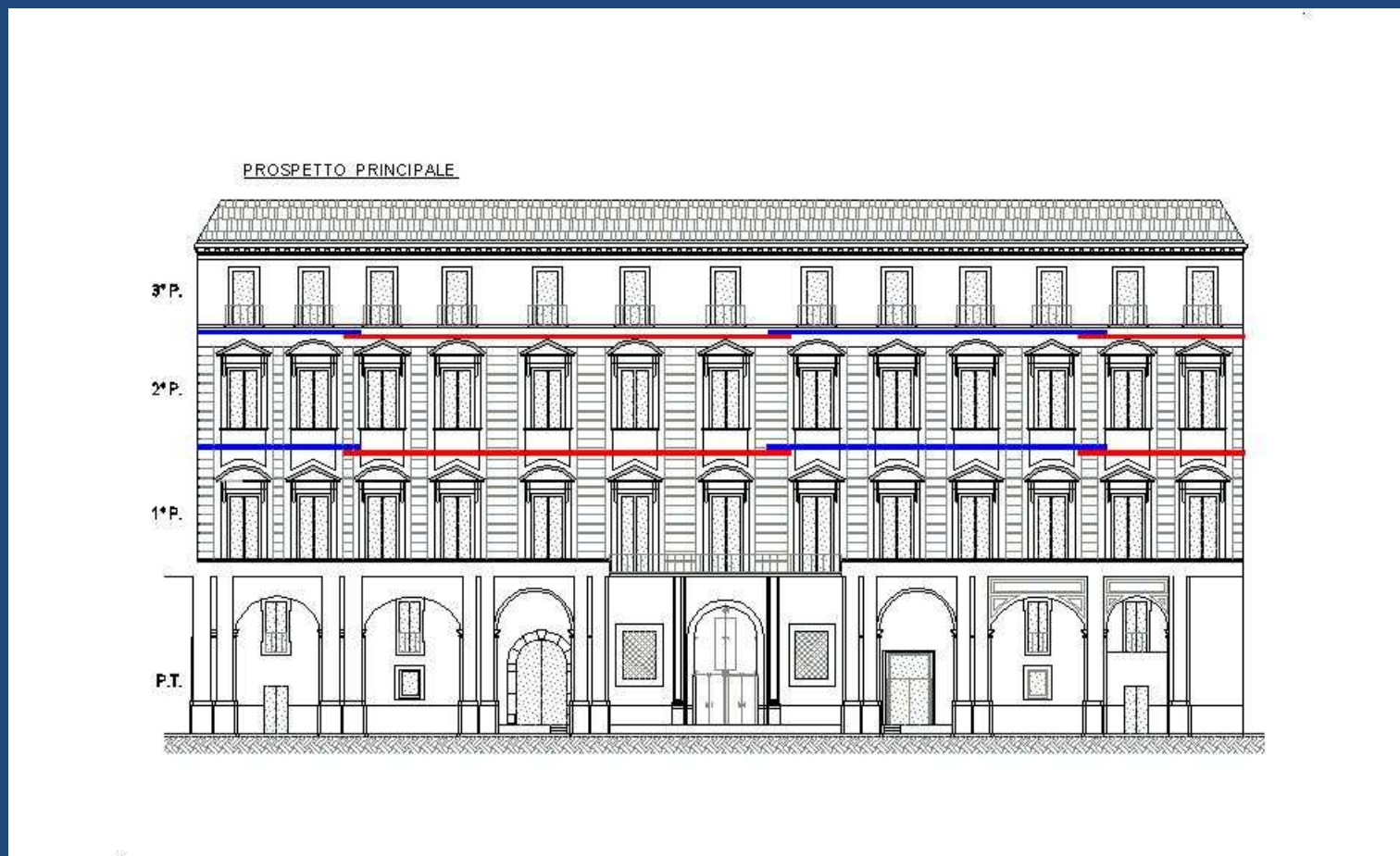
L'aquila 2009

Il sisma – Gli effetti



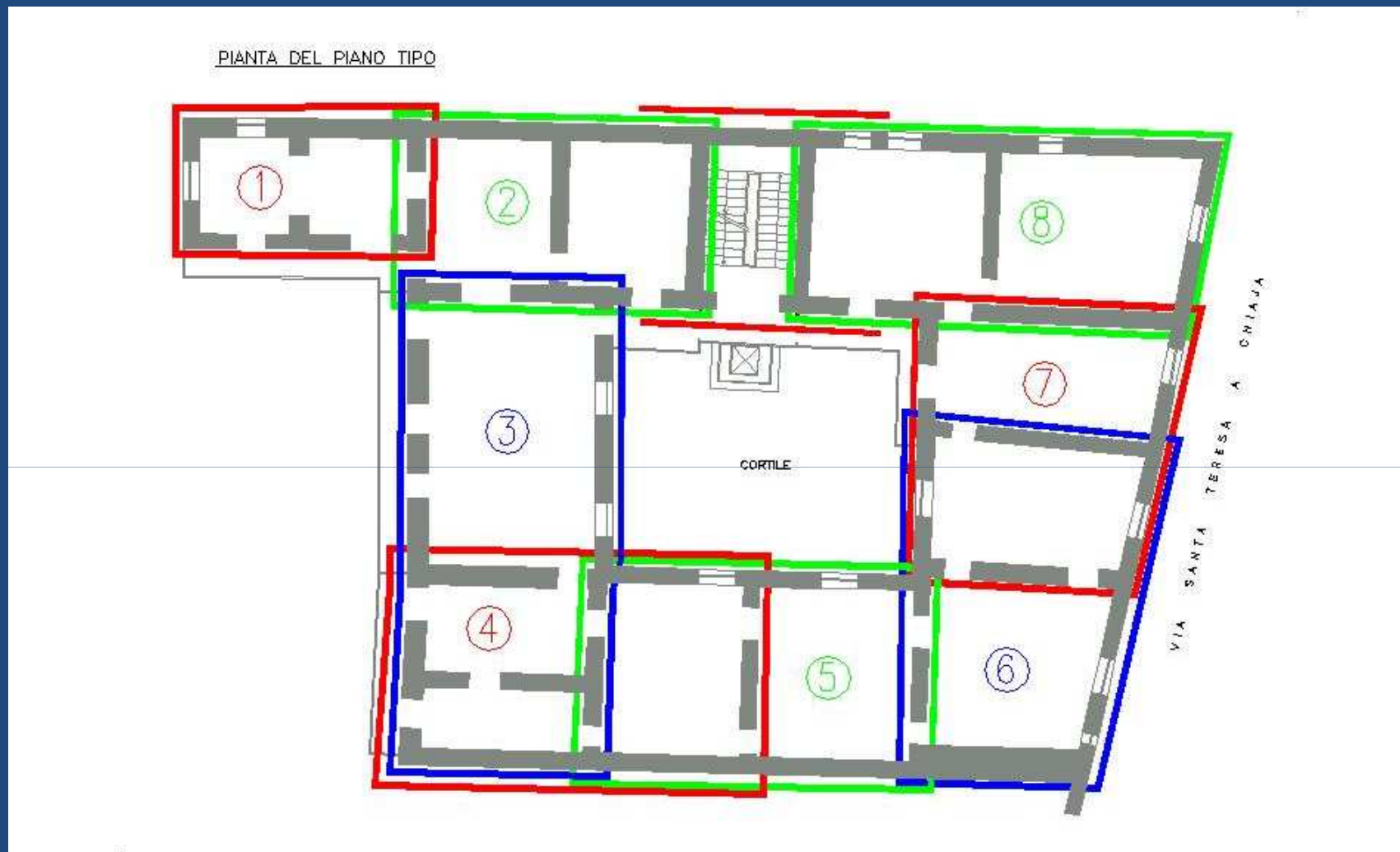
L'aquila 2009

Il sisma – Le tecniche



Napoli, Palazzo Roccella in via Vittoria Colonna. Uno dei primi esempi di fasciature con nastri in fibre di carbonio, materiali compositi oggi in grande fama.

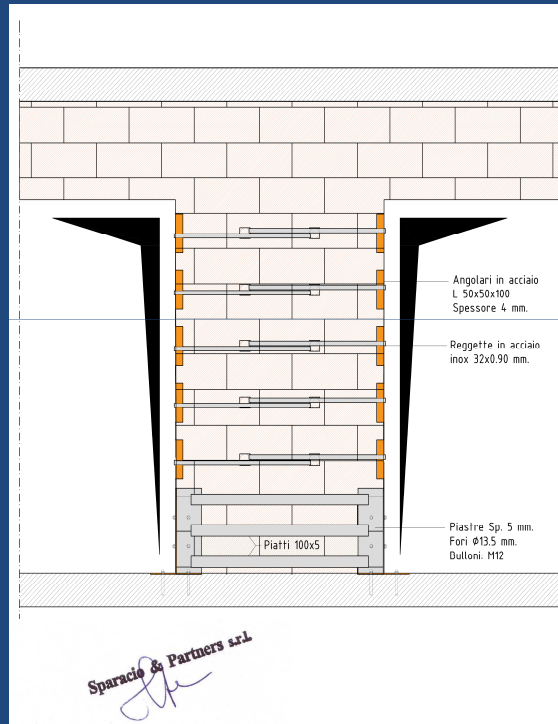
Il sisma – Le tecniche



Fasciature multiple inanellate di celle contigue

Il sisma – Le tecniche

Palazzo Canino – Mostra d'Oltremare in Napoli



Dettaglio intervento



Per provvedimenti urgenti e temporanei si può ricorrere alle reggette in acciaio inox

Il sisma – Le tecniche



Intervento provvisorio posto in atto a L'Aquila nell'immediato post terremoto

Il sisma – Il rischio

Ci sembra che i terremoti si susseguano con sempre maggiore frequenza. Forse sarà per la invasività dei media, che riescono a farci ascoltare il rombo del tuono sotterraneo e i rumori dei massi che si frantumano al suolo, e a farci vedere l'interno delle case sventrate, e le donne sconvolte per il lutto e il terrore.

Ma per capire davvero cosa è un sisma, bisognerebbe aver provato quel senso di impotenza, di frustrazione, di rassegnazione perdente che coglie chi sente trasformarsi l'immobilità salda della terra in sussulti di spinte interminabili.

Lo dice meglio Seneca, nel 62 d.C.(terremoto di Pompei): ... *Se è il mondo stesso che vacilla, se trema e barcolla quanto vi è di più saldo, che cosa si potrà considerare abbastanza sicuro? Se incomincia a vacillare anche l'unica parte dell'universo che è immobile e fissa, quella verso la quale tutte le cose tendono e nella quale hanno il loro punto d'appoggio, se la terra perde la stabilità che la caratterizza, come placare le nostre paure?*

Il sisma – Il rischio

Nei territori a rischio sismico oggi c'è un'ansiosa attesa del **terremoto in arrivo** (detto anche **terremoto che verrà** o **terremoto atteso**): ma non troviamo facilmente informazioni sulle caratteristiche e sul grado di violenza del sisma che verrà, a causa della aleatorietà dei fattori. Se si potessero prevedere tutti i dati di un sisma che sconvolgerà, durante il corso della vita di un edificio, l'area dove ha sede l'immobile, sarebbe possibile progettare interventi adeguati per difenderlo. Ma la natura di un sisma, le sue caratteristiche, i suoi tempi, la sua violenza, sono tutti dati incerti, e quindi ci espongono al rischio di essere fuorviati da valori falsi. Di quelle grandezze che ci mancano potremmo ottenere, al più, valori approssimati se approfondiremo le ricerche sulla storia del sito, sui terremoti del passato, sulle caratteristiche geofisiche del sottosuolo, esaminando fino al limite del possibile dati statistici-probabilistici. Ma di fatto i dati del terremoto in arrivo li conosceremo davvero solo quando sarà arrivato. Alla incertezza dei dati si rimedierà ricorrendo ad una *previsione*, ad un *pronostico*, puntando su valori ricavati da una sorta di *scommessa*.

Il sisma – Il rischio

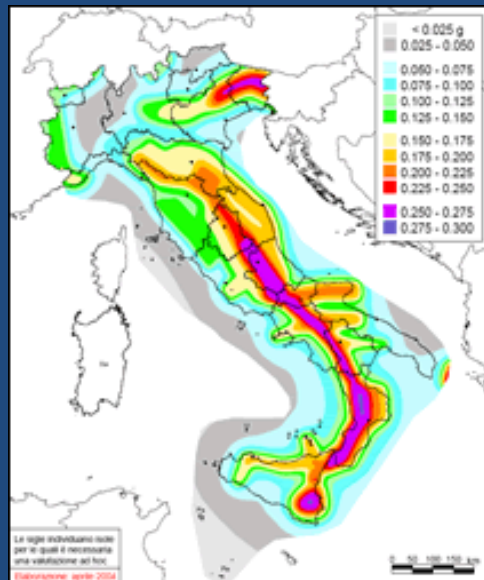
Il pronostico servirà sì a dosare gli interventi di consolidamento dell'immobile, ma con riguardo ad un terremoto non definito in modo rigoroso, partecipe inconsapevole della sfida futura tra la propria forza distruttiva e la resistenza dell'altro. Significa che, pur dopo tante ricerche, potrebbe avverarsi un sisma più violento del previsto.

Il compito che attende noi tecnici, per quanto possa stupirci, sembra essere quello di “indovinare” le caratteristiche del terremoto che verrà. Ma attenzione, l'incapacità di previsione non dà certezze: siamo al gioco dei dadi....

E si dovrebbe prevedere, questo è ovvio, anche come reagirà l'edificio che si vuole rinforzare e salvare.

Il sisma – Il rischio

Tra le ricerche, per primo deve essere definito il sito. A tal fine la mappa del territorio italiano è stata discretizzata in una rete, un **reticolo di riferimento**, di 10751 punti, distanti tra loro non più di 10 km. Una tabella compilata dall'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) e allegata al testo della nuova Norma fornisce, per ciascun nodo del reticolo, le coordinate geografiche in Longitudine e Latitudine, e i dati necessari per valutare le risposte alle azioni delle scosse sismiche



Il sisma – Il rischio

Poi, un parametro indispensabile per valutare le azioni sismiche ed il loro impeto è

- **L'accelerazione al sito, [a_g];**

L' a_g è il valore previsto dalla *pericolosità sismica di base*, scelto e calcolato dall'I.N.G.V. con voluta precisione (0,01g), che controlla il livello di danneggiamento di un edificio nuovo o preesistente, provocato dai terremoti che potrebbero interessare il sito di costruzione.

L' a_g costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle *azioni sismiche* e viene corretta per tener conto, caso per caso, delle condizioni del sottosuolo. Permette di definire gli **spettri di risposta** ai sensi della normativa vigente.

Questi (li rivedremo tra poco), sono diagrammi che ci dicono su quali frequenze di vibrazione la sollecitazione sulle strutture diventa massima.

Il sisma – Il rischio

Altri parametri necessari per la caratterizzazione del sisma, sono:

- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le funzioni che definiscono lo spettro di risposta sono:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Il sisma – Il rischio

Altre caratteristiche necessarie per valutare forze sismiche e loro azioni:

- **Vita nominale dell'opera strutturale [VN]**: è data dal numero di anni durante i quali la struttura può o deve essere usata. Per gli edifici la vita nominale si fissa in 50 o 100 anni. Per opere provvisorie si valuta un tempo al di sotto dei 10 anni. Le opere in costruzione sono esenti dall'obbligo delle verifiche sismiche.
- **Periodo di riferimento per l'azione sismica [VR]**, si ottiene moltiplicando VN per il coefficiente d'uso CU.
- **Il periodo di ritorno di un sisma di assegnata forza [TR]**, si può definire come il tempo da attendere per avere nel sito il ripetersi di un sisma di sperimentata violenza. In genere, quanto più catastrofico è il sisma, tanto più si fa attendere.
- **La probabilità di superamento [PVR]**, è quella che definisce il rischio di aumento delle azioni sismiche del terremoto che era atteso rispetto a quelle del terremoto che è arrivato. (Att! Abbiamo sbagliato il pronostico....)

Il sisma – Il rischio

Per poter migliorare il comportamento degli edifici esistenti, la normativa del 2008, che ha preferito l'analisi probabilistica a quella deterministica, ha preordinato un percorso di verifiche in grado di valutare la natura di un sisma, le sue caratteristiche, i suoi tempi, la sua violenza: tutti dati aleatori e quindi a rischio di errori di valutazione.

La nuova normativa adotta un metodo “prestazionale”: verifica, cioè, per ogni terremoto giudicato probabile, il livello dei danni che tale sisma può produrre, tenute in conto le prestazioni che l'immobile può offrire. Ogni terremoto, ed ogni fabbricato, in relazione alla forza del primo e alla resistenza del secondo, sono i protagonisti di una sfida, legati ad un destino comune, l'uno come aggressore, l'altro come vittima.

Il sisma – Il rischio

Quando il terribile scuotimento del suolo si sarà calmato, le strutture portanti delle costruzioni aggredite, come dopo una battaglia militare, si saranno organizzate in assetti più o meno precari. Per quelli distrutti, c'è poco da fare, ma altri, pur avendo rischiato molto, possono sopravvivere, almeno per ritardare un crollo ormai inevitabile, o per consentire di mettere in salvo vite umane.

Questi si dicono allora *assetti ultimi*: il primo, quello che ha sfiorato il collasso si definisce STATO LIMITE ULTIMO di PREVENZIONE DEL COLLASSO **(SLC)**.

Il secondo si definisce STATO LIMITE di SALVAGUARDIA DELLA VITA **(SLV)**.

In coerenza con l'adozione dei criteri statistico-probabilistici, ai due stati limite citati, i più diffusi tra tanti, la Norma attribuisce rispettivamente valori di probabilità di superamento PVR pari al 5% per lo SLC e al 10% per lo SLV.

I progettisti determineranno la violenza del terremoto in arrivo, corrispondente a tutti gli stati limite che possono interessare.

Il sisma – Il rischio

Ecco, quindi, che la Norma introduce alcune previsioni da aggiungere al calcolo. In un edificio, da verificare per esempio allo stato limite ultimo di prevenzione del collasso, (SLC), potrebbe presentarsi un sisma, con probabilità di superamento, (cioè con forze maggiori di quelle previste dal programma; oltre la soglia). Ebbene, la previsione della Norma è che tale *probabilità di superamento* non sarà maggiore del 5%. [ORA ANCHE LA NORMA PUNTA E SCOMMETTE!]

Si noti che la Norma non dice *quanto* superamento potrà aversi, ma si ferma solo ad indicare la probabilità che superamento ci sia.

Non si deve dimenticare che, avendo a che fare con grandezze aleatorie, per valutare l'energia liberata dal sisma i progettisti devono basarsi su un pronostico: per questo, il valore delle forze liberate dal sisma potrebbe essere maggiore, ed i pronostici ottimistici.

Il sisma – Il rischio

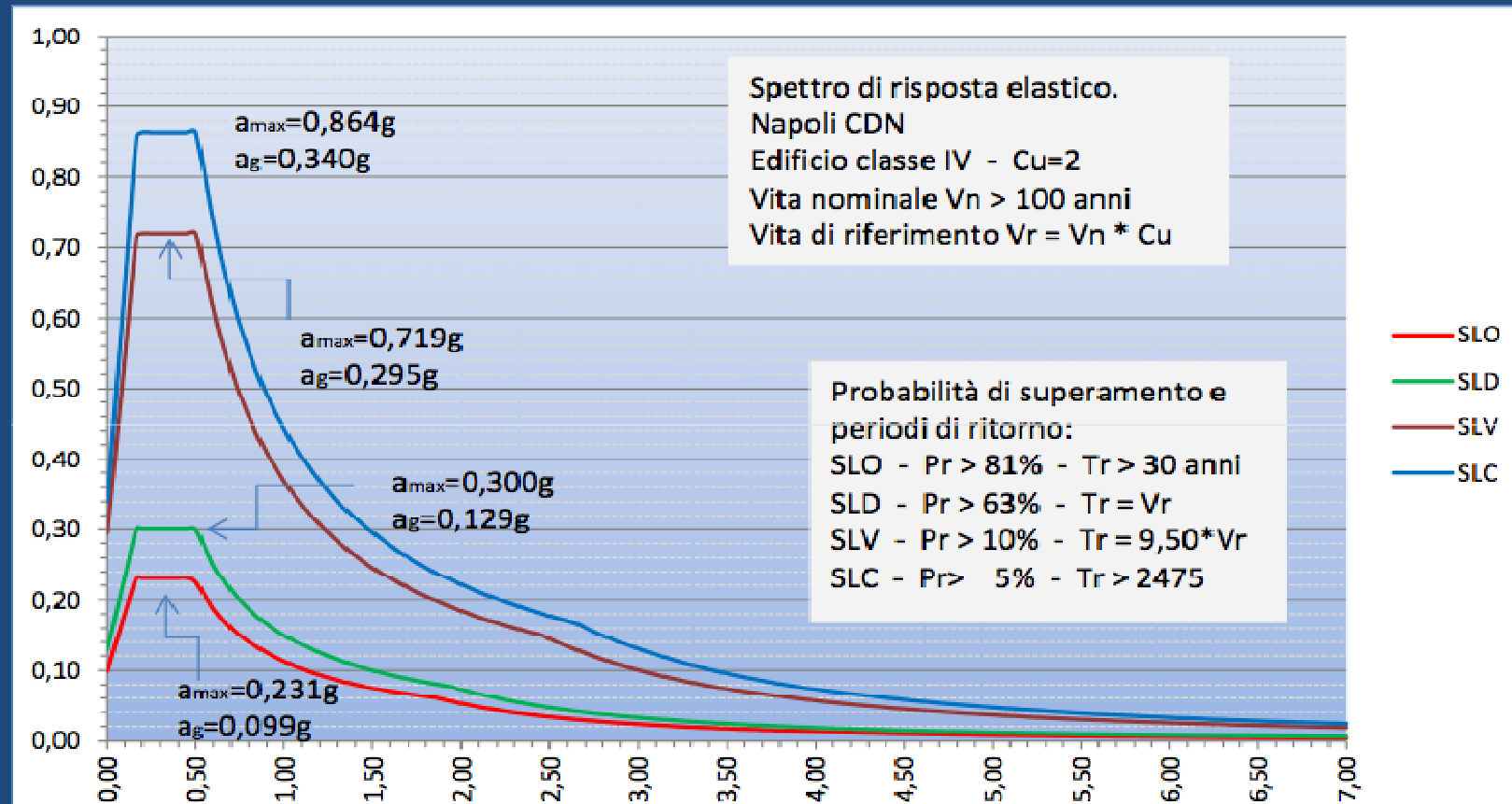
Nasce così uno spazio nuovo, una sorta di zona franca, della quale si fa garante la Norma. Su questo "topos" inesplorato un geografo del medioevo avrebbe scritto: *hic sunt leones*. È uno spazio senza gabelle e senza condanne, dove è lecito attendersi anche conseguenze negative, da lasciare impunte: è stata la Norma a dare misura alla incertezza.

L'esperienza però suggerisce di essere molto cauti: sotto le pressioni dell'opinione pubblica, nel malaugurato caso di strage, gli sfortunati progettisti rischiano loro di essere dati in pasto ai leoni.



L'animale non è un leone!

Il sisma – Il rischio



Spettro: Diagramma che fornisce, in funzione del periodo T , il valore massimo dell'accelerazione dell'oscillatore elementare, per un fissato valore del rapporto di smorzamento e per una data categoria del terreno, in regime elastico. In sostanza definisce le frequenze di vibrazione per le quali la sollecitazione sulle strutture diventa massima.



Il sisma – Il rischio

L'immagine che segue fornisce, invece, un altro esempio di diagramma spettrale. Si tratta del confronto tra comportamenti di tre edifici di snellezze diverse, su due tipologie di suolo, A (roccia), ed E (terreni sciolti). I periodi degli edifici sono 0.38; 0.51; 2.40. E' trascritto tutto il ventaglio di accelerazioni.

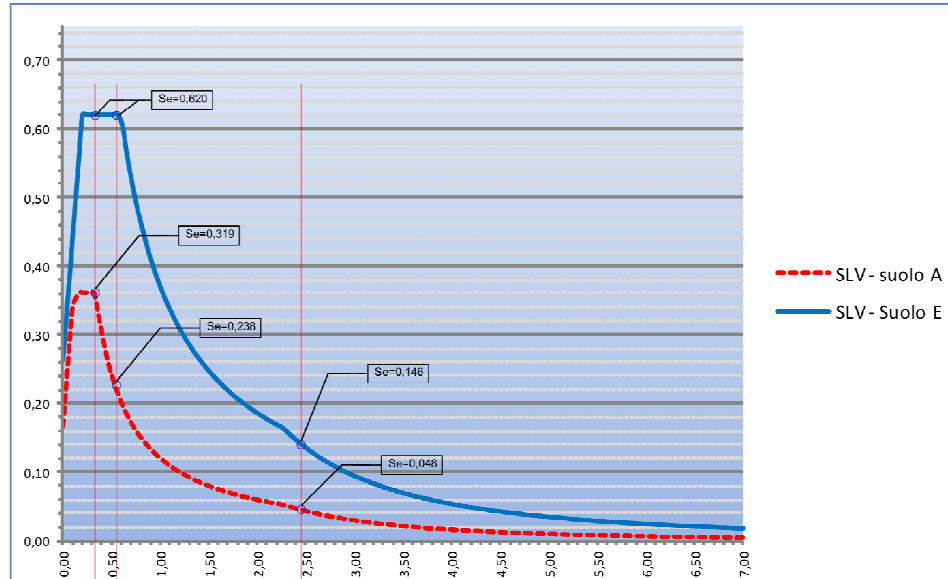
I periodi propri di tre differenti edifici, di cui, il primo, è in muratura, alto 15,00 metri, il secondo in cemento armato, con ossatura a telaio, di otto piani ed altezza di 25,00 m, ed il terzo, in acciaio di trenta piani ed altezza di 90,00 m, sono risultati (in secondi) rispettivamente $T=0,38$; $0,51$; $2,40$ secondi.

Per l'edificio in muratura si è applicata la formula empirica legata all'altezza $T=C \cdot H^{3/4}$ con $C=0,05$ come da p.to 7.3.3.2. delle NNTC.

Per gli edifici di 8 e 30 piani si è applicata una formula correlata al numero di impalcati

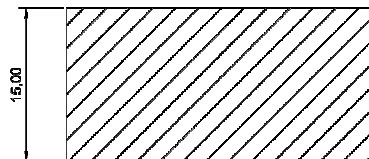
Il sisma – Il rischio

Spettri di risposta - Confronto cat. suolo A ed E



T = 0.38 s
 T = 0.51 s

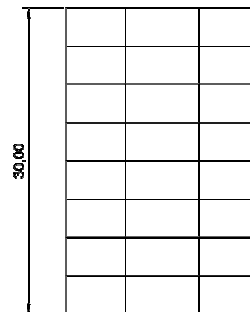
T = 2.40 s



Edificio in muratura h=15,00 m

$$T = C * H^{3/4} \text{ con } C = 0,050$$

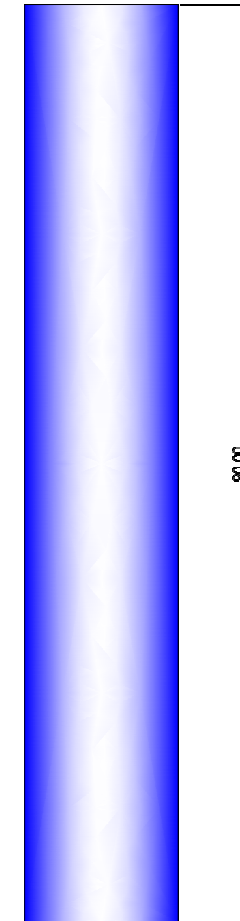
$$T = 0,05 * 15^{3/4} = 0,38 \text{ s NNTC p.to 7.3.3.2}$$



Edificio in cls h=25,00 m 8 piani

$$T = 0,064 n \text{ con } n = \text{num. piani}$$

$$T = 0,064 * 8 = 0,51 \text{ s (rif. S.V. Poljakov)}$$



Edificio in acciaio h=90,00 m 30 piani

$$T = 0,08 n \text{ con } n = \text{num. piani}$$

$$T = 0,08 * 30 = 2,4 \text{ s (rif. S.V. Poljakov)}$$



Il sisma – Il rischio

Vi sto parlando di questi argomenti come contributi per una prima conoscenza del fenomeno sismico; ora vi debbo proporre una domanda. L'architettura cretese conserva da millenni l'appellativo di *labirintica* per le sue capacità di resistere ai terremoti, ma anche, certo, in ricordo di Dedalo che riuscì ad irretire nel Labirinto quel terribile Minotauro:

La domanda: *Pensate che ci sia un terremoto dietro il mito del Minotauro?*

Oppure: *Pensate che ci sia il Minotauro dietro ogni terremoto?*

I cretesi adottarono per primi una strategia di difesa che ancora oggi si ritiene essere il più sicuro strumento per frenare le scosse del sisma.

Si chiama *isolamento alla base*, e ne parleremo tra poco; se non lo avete ancora scoperto, sarete contenti di apprendere che a Napoli si realizzò, più di 10 anni fa, uno dei primi esempi di isolamento della storia dell'ingegneria sismica, operato su un complesso strutturale già costruito.

Il sisma – Il rischio



Dettagli archeologici dell' edilizia labirintica cretese.

Il sisma – Cenni di teoria

E' giunto ora il momento di definire le caratteristiche più note del moto oscillatorio. Sono la frequenza e il periodo proprio. La frequenza, f , è il numero di oscillazioni che il moto compie in un minuto primo. il periodo proprio, T , è il tempo che impiega il moto per completare una oscillazione completa (A/R).

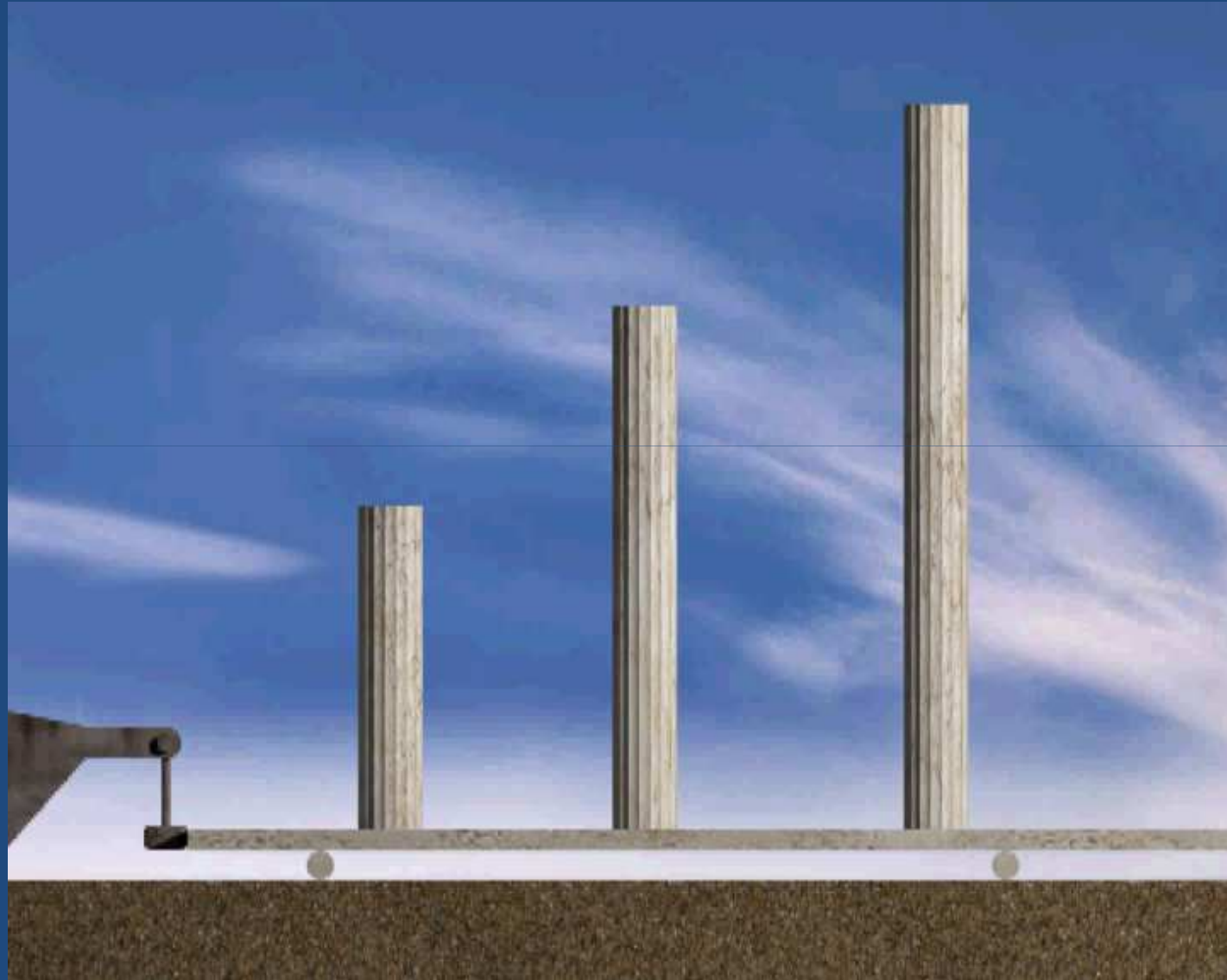
Il periodo proprio, rallentando il moto, cresce nelle strutture più snelle, adattandosi ad un lento dondolio, e viceversa, accelerando il moto, “*freme*” nelle strutture più tozze.

Per ogni elemento strutturale il periodo proprio è una caratteristica invariante, funzione della massa e della rigidezza dell'elemento stesso.

L'**animazione 1**, conferma come un colpo solo, trasmesso ad un tavolo vibrante, generi vibrazioni più veloci nel più tozzo dei tre modelli ed un moto lento nel più snello.

Il sisma – Cenni di teoria

Animazione
1



Il sisma – Cenni di teoria

Ma il comportamento più straordinario è quello che si mostra nel confronto tra le vibrazione dell'edificio e quelle delle fondazioni. (Non si parla più di periodi propri, perché siamo in pieno moto sismico sotto l'azione di forze eccitanti continue e non di un colpo e via.)

E' in questa situazione che nasce il fenomeno di risonanza.

E' la vicinanza tra i due periodi e tra le due frequenze, (vicinanza di valori, ovviamente), a provocare un graduale e incontrollabile ampliamento di tutti i parametri che definiscono il moto, fino alla completa perdita di controllo, e al collasso del sistema.

Il sisma – Cenni di teoria

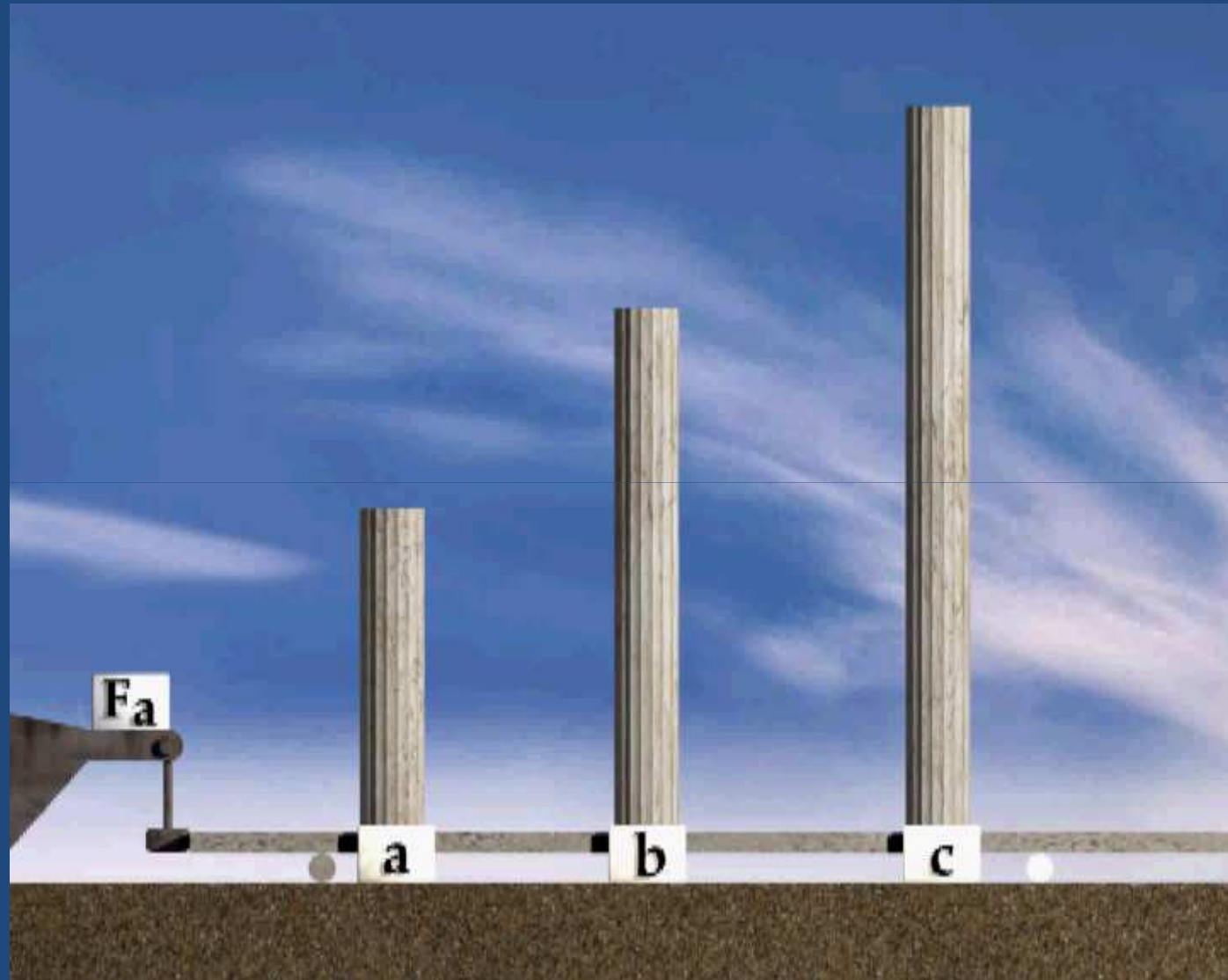
Le immagini delle animazioni 2, 3, 4, danno conto di questi comportamenti a rischio, provocati dalla compresenza di due azioni ritmate sulla stessa frequenza. Si ricordi che, in caso di sisma, oscilla sia il terreno e la roccia del banco fondale, sia la struttura in elevazione dell'edificio. Un' azione è quella che investe l'edificio, l'altra è quella spinta dalle fondazioni. Nello schema, assai semplificato, l'azione del suolo è rappresentata da un martelletto che batte su un tavolo oscillante con la frequenza pari a quella di uno alla volta dei tre modelli. Questo modello appare violentemente *strattonato* dalle vibrazioni, che hanno risparmiato gli altri due.

I primi strappi, si capisce, sono legati alle regole del periodo proprio, ma con l'insistere delle azioni sismiche l'immobile si frattura, la sua rigidità si riduce e, in conseguenza, il periodo aumenta, fino alla insensibilità.

LE IMMAGINI SONO TRE PER POTER CONTROLLARE I COMPORTAMENTI DI TUTTI E TRE I MODELLI.

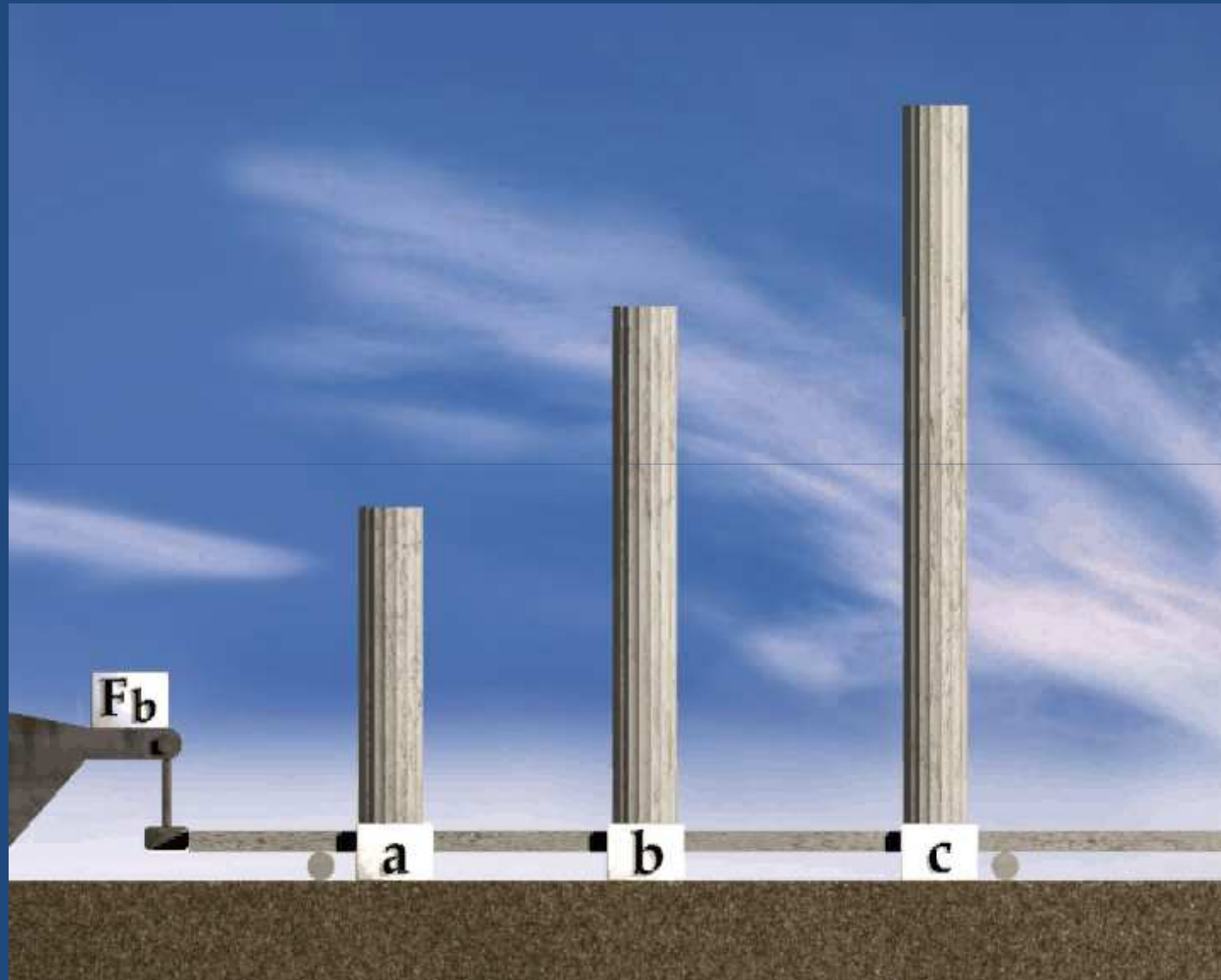
Il sisma – Cenni di teoria

Animazione
2



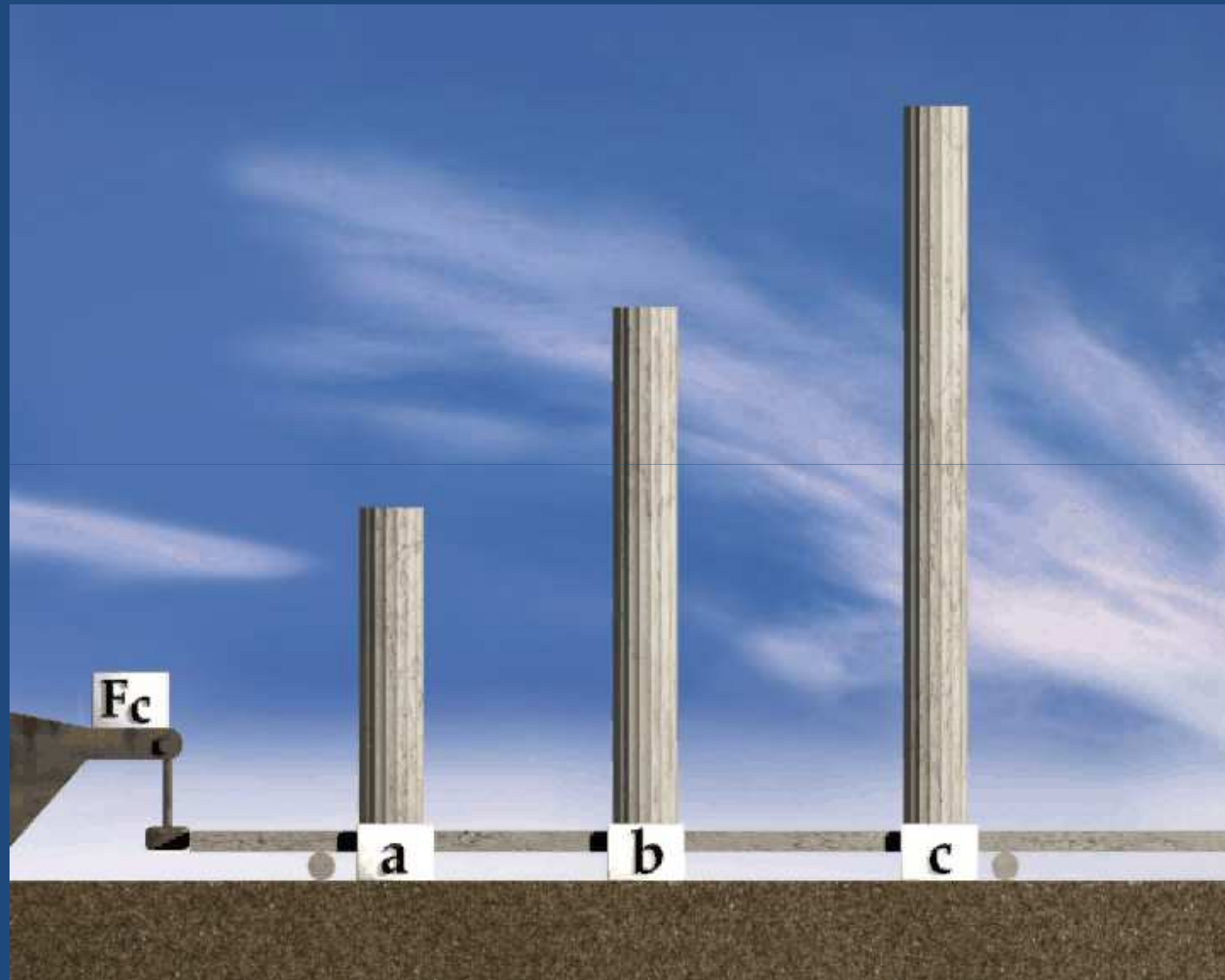
Il sisma – Cenni di teoria

Animazione
3



Il sisma – Cenni di teoria

Animazione
4



Riparazione e consolidamento – Materiali e Tecniche



Alla fine degli anni '90 ed inizio degli anni 2000 compaiono nei cantieri i tessuti di fibre in carbonio

Riparazione e consolidamento – Materiali e Tecniche



Dalle fibre in polimeri ai profilati in composito (Poltrusione)

Riparazione e consolidamento – Materiali e Tecniche



Polimerizzazione con rullo di fasce
in tessuto di carbonio

Applicazione di fasce a quota
cordolo di un fabbricato in muratura



Riparazione e consolidamento – Materiali e Tecniche



Riparazione e consolidamento – Materiali e Tecniche



Le efficacissime cerchiature di colonne in fasce di tessuto al Carbonio



Placcaggio per rinforzo a taglio di un setto in muratura

Riparazione e consolidamento – Materiali e Tecniche

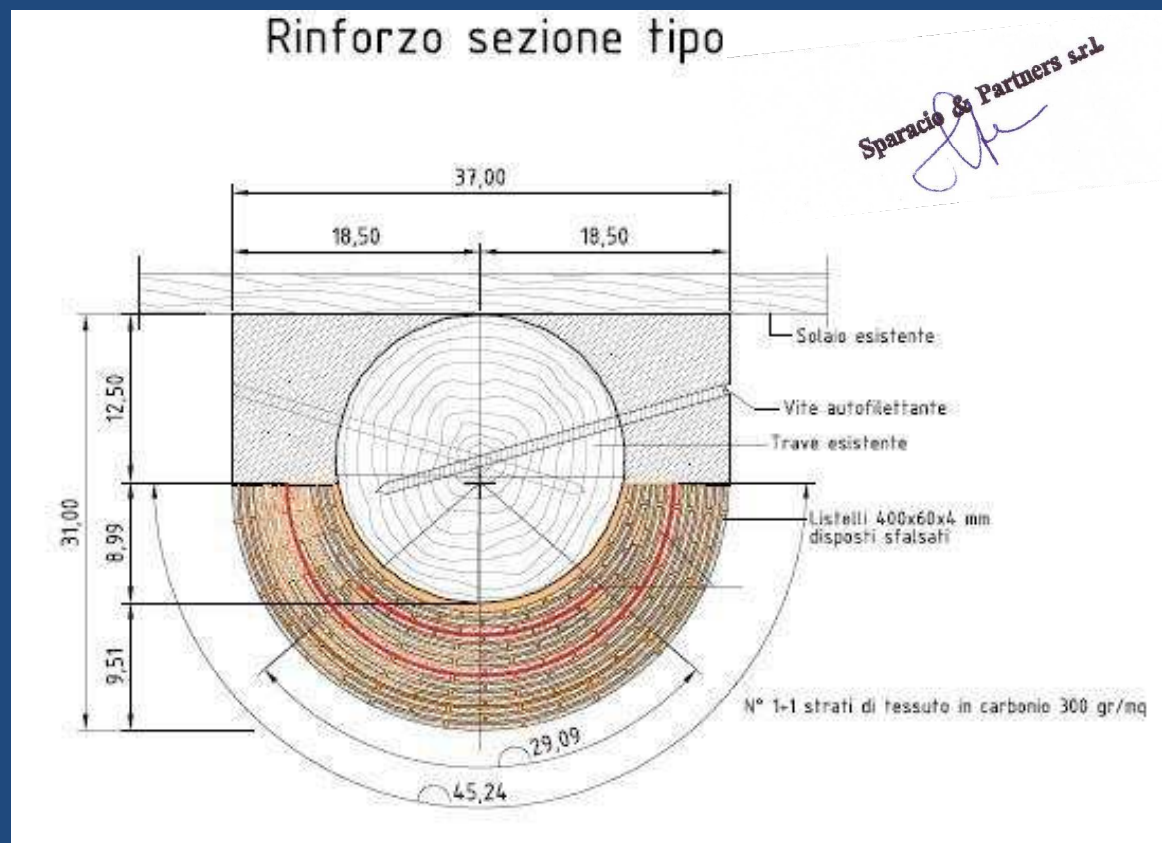
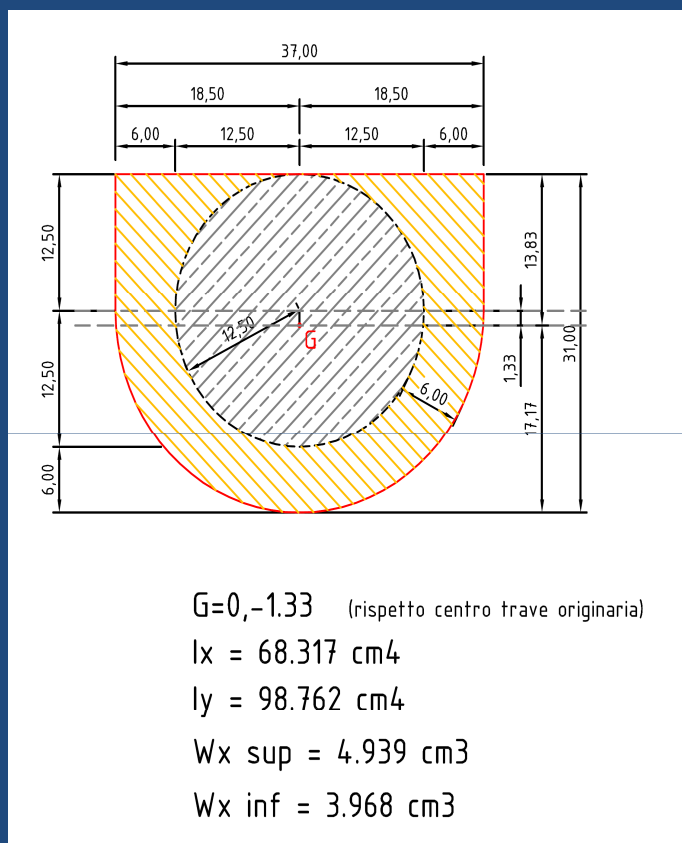


Placcaggio intradossale di volte a crociera

Riparazione e consolidamento – Materiali e Tecniche

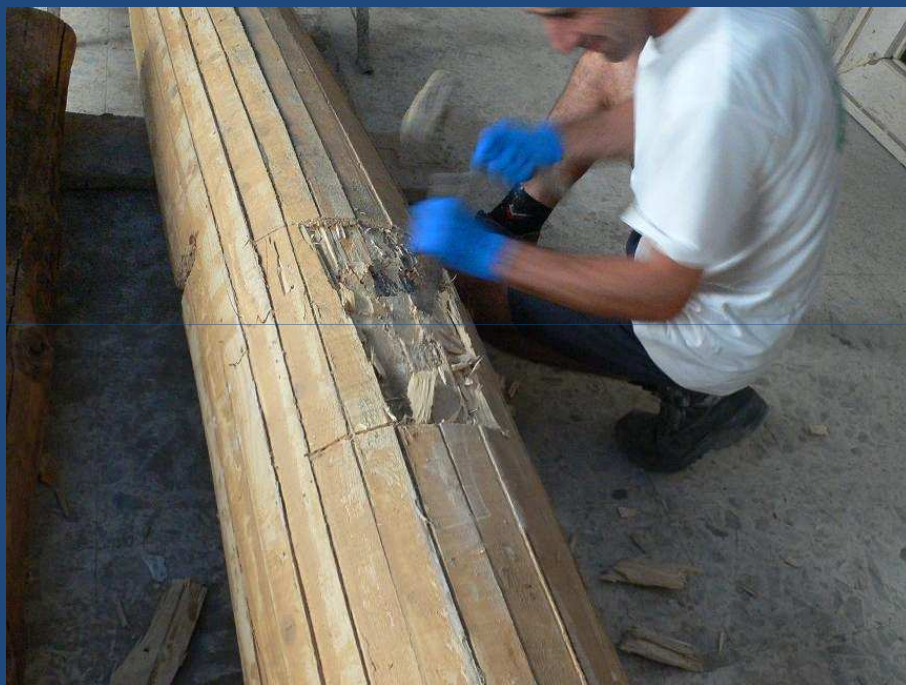


Riparazione e consolidamento – Materiali e Tecniche



Intervento di rinforzo di trave lignea con ringrosso in listelli di legno lamellare ed interposizione di tessuti in fibre al carbonio

Riparazione e consolidamento – Materiali e Tecniche



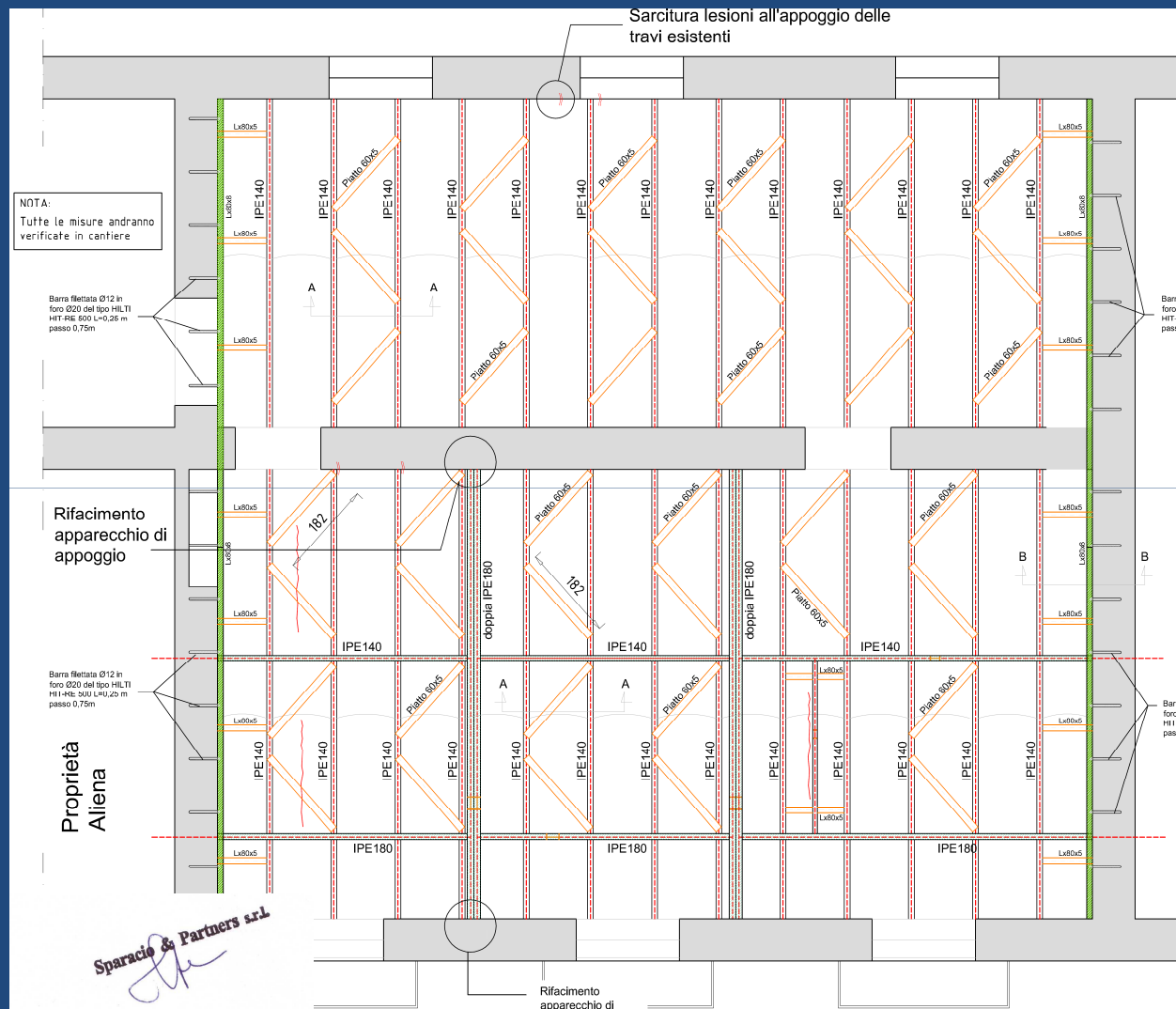
Prove di laboratorio su trave rinforzata

Riparazione e consolidamento – Materiali e Tecniche



Il solaio in legno completamente restaurato

Riparazione e consolidamento – Materiali e Tecniche



Progetto di solaio in acciaio e tavelloni con rinforzo in diagonali d'acciaio

Riparazione e consolidamento – Materiali e Tecniche



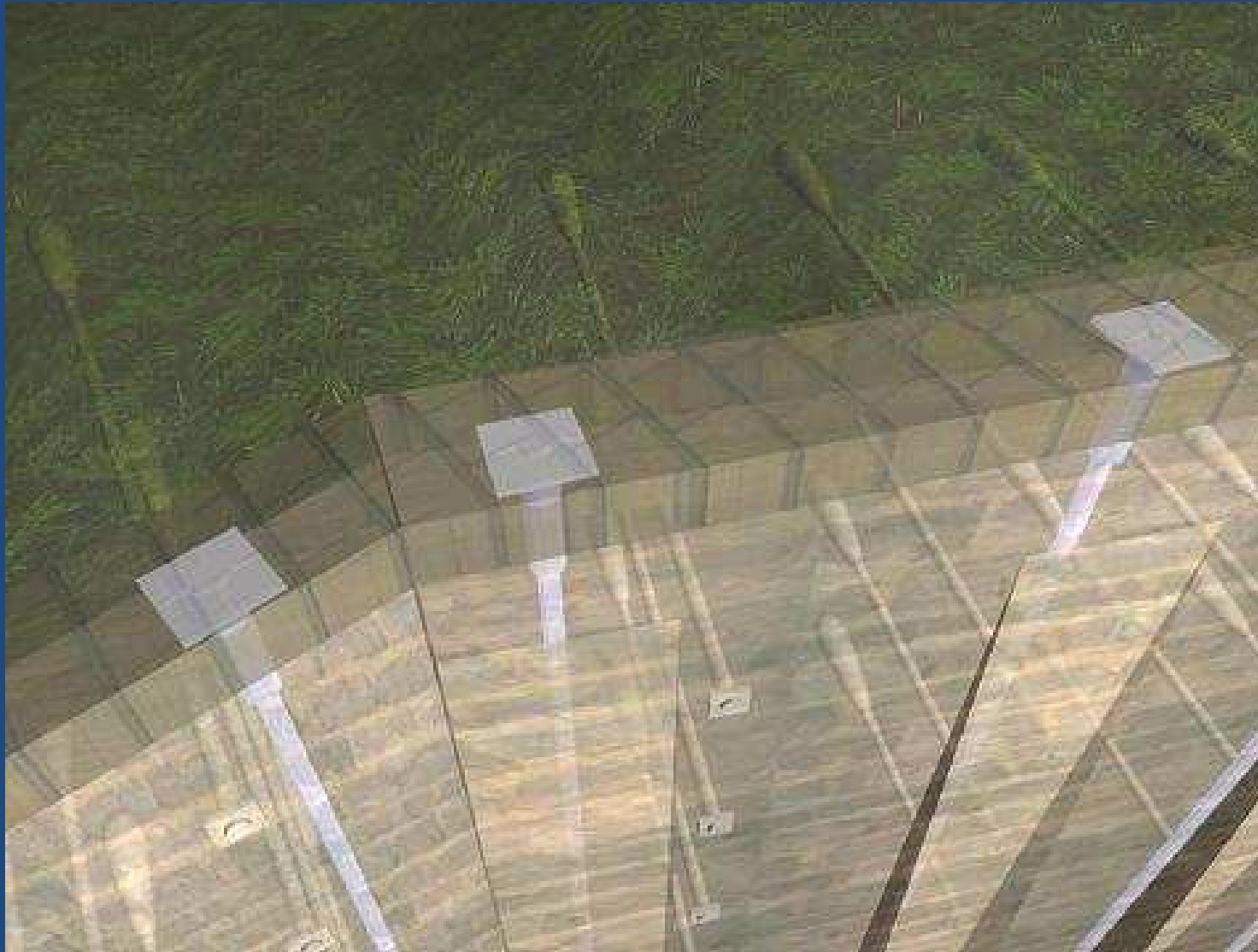
L'intervento di rinforzo completato

Riparazione e consolidamento – Materiali e Tecniche



La sfida delle mura di cinta della cittadella di Suor Orsola

Riparazione e consolidamento – Materiali e Tecniche



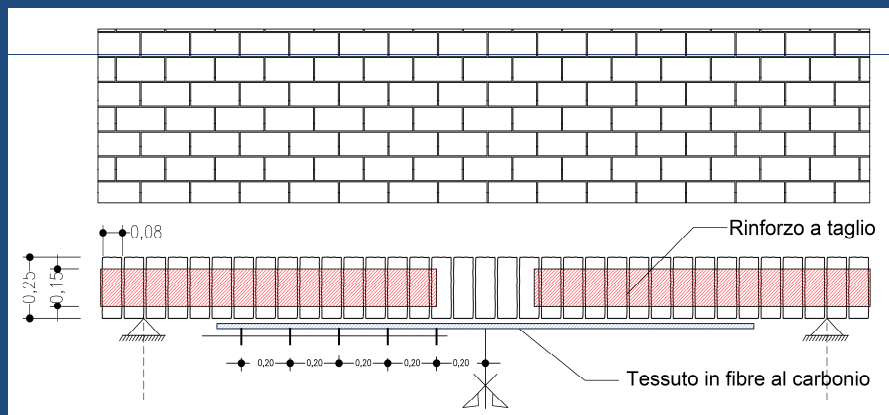
Intervento di chiodatura verticale con barre pultruse delle mura di cinta della cittadella di Suor Orsola

Riparazione e consolidamento – Materiali e Tecniche



Le mura ad intervento completato

Riparazione e consolidamento – Le prove di cantiere



Schema di prova

Prova a rottura di un travetto in blocchi tufacei rinforzati all'intradosso



Riparazione e consolidamento – Le prove di cantiere



Riparazione e consolidamento – Le prove di cantiere



Collasso con distacco del tessuto per scorrimento e trasporto del tufo

Riparazione e consolidamento – Le prove di cantiere



Modello in scala di piccola costruzione in tufo per prova dinamica con vibrodina

Riparazione e consolidamento – Le prove di cantiere



Ripetizione della prova dinamica dopo applicazione di cantonali in GFRP e fasciature di piano con CFRP

Riparazione e consolidamento – Le prove di cantiere

Parete P3 - Scala B

Pianta Piano 1°

C2 / C2bis

NOTE:

- Carota C2 Ø100;
- Carota C2bis Ø50;
- assorbimento circa 83,5 Kg/mc

C2bis

C2bis

Sparacio & Partners s.r.l.

Sparacio & Partners S.r.l.		S1921GSAIG02A		Scab. - Verde	
Piazza S. Costantino 19 - 80125 Napoli		Tel. 081.593244 - Fax 081.239344		C.A. 081.239344	
PROG.	DATA:	DESCRIZIONE:	AUTORE:	VERIFICA:	ESTENSIONI:
A	Gennaio 2014	SAG09 C2 e C2bis - piano 1°			

Piano di indagine su edificio in muratura ed esito di carotaggi

Riparazione e consolidamento – Le prove di cantiere

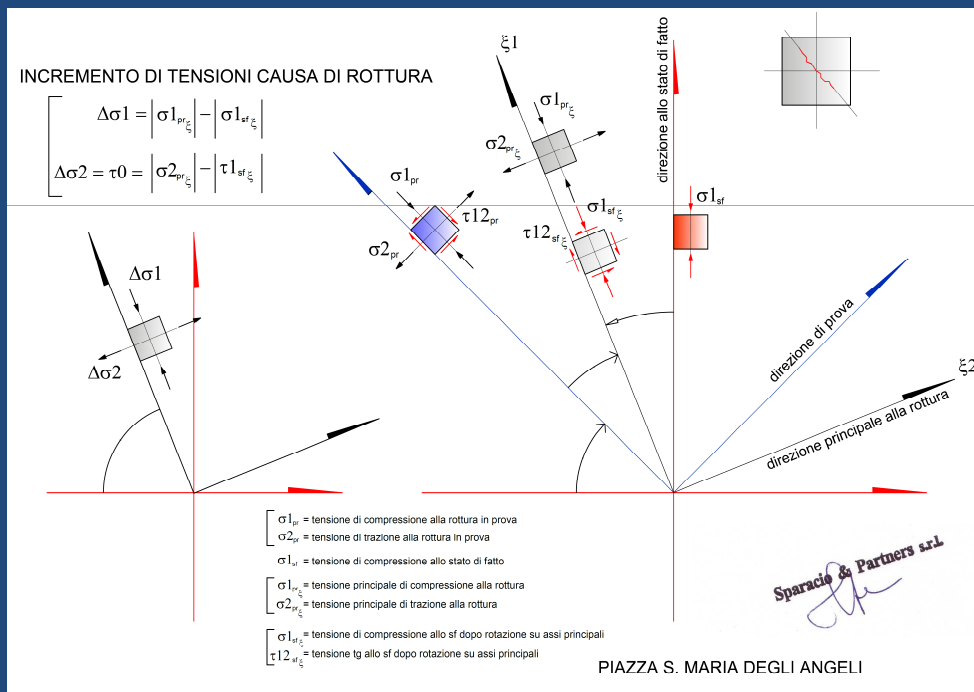


Differente qualità del materiale di base e del tessuto murario in esito ai carotaggi

Prova di compressione alla pressa di provino cilindrico estratto da muratura di tufo



Riparazione e consolidamento – Le prove di cantiere



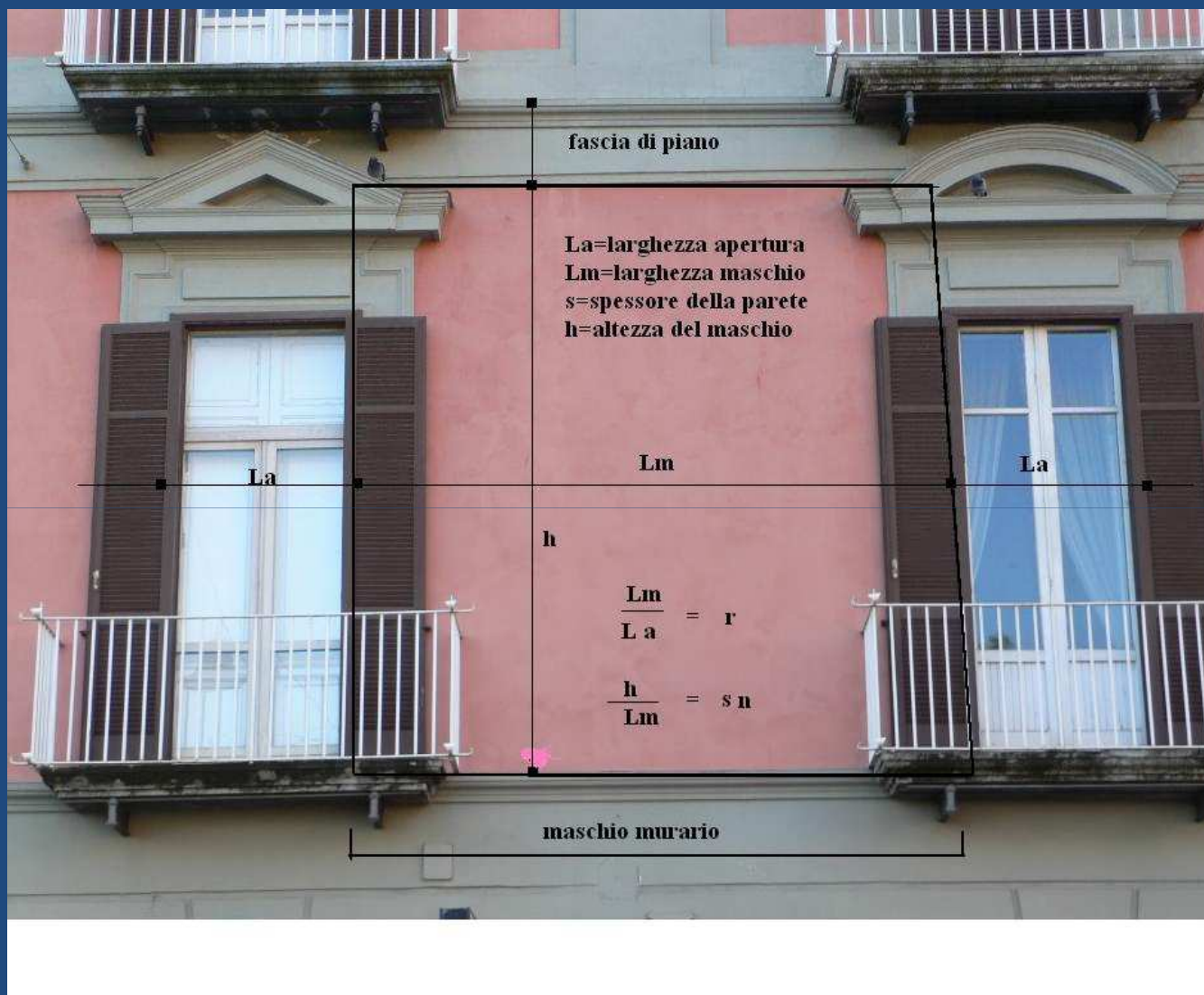
Edificio in Piazza S. M. Angeli.
 Prova di rottura a taglio / compressione su pannello
 esistente ed interpretazione teorica dei risultati

Gli approcci di analisi globale



Vista di un pannello del palazzo Salerno con larghezza soddisfacente

Gli approcci di analisi globale



Dettaglio delle misure significative del pannello precedente

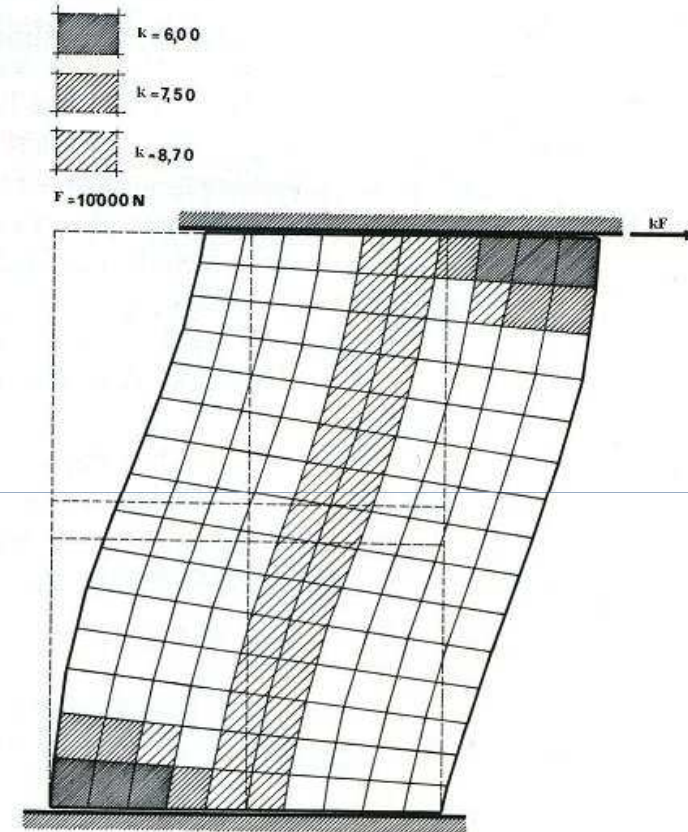
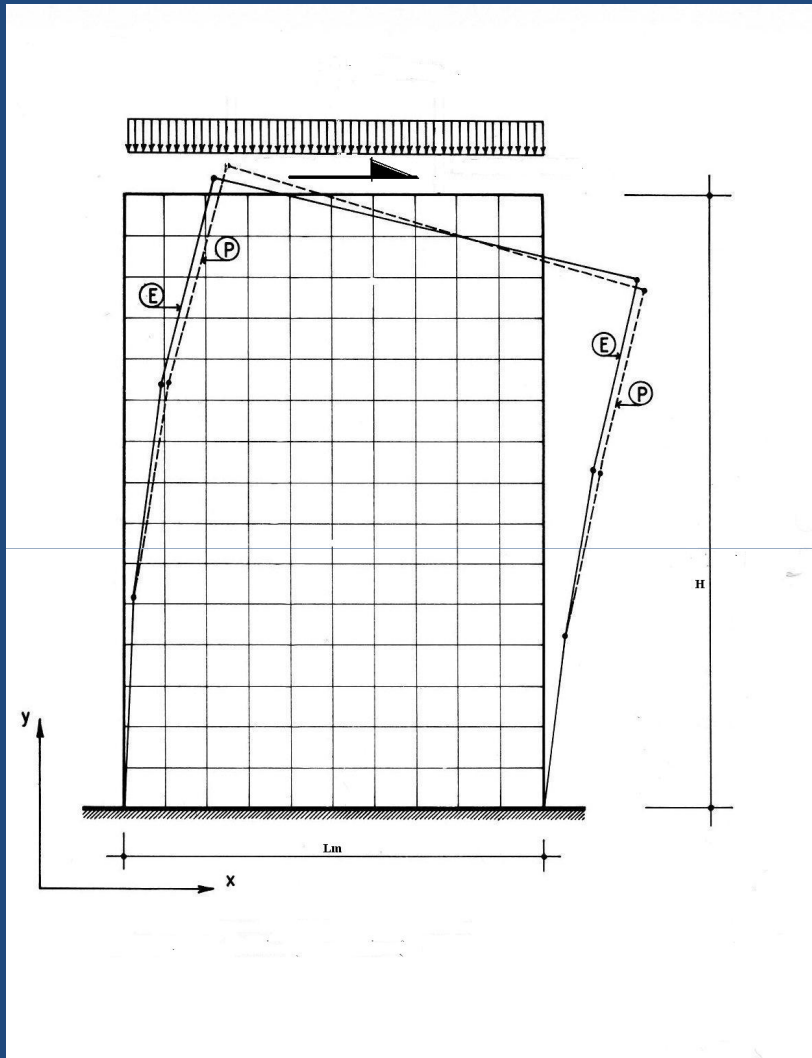
Gli approcci di analisi globale



Prof. ing. Renato Sparacio

«Pseudotelaio» a sostegno di una facciata

Gli approcci di analisi globale



Discretizzazione in elementi del pannello murario sottoposto a prova sperimentale. Espansione delle zone plasticizzate al crescere del carico.

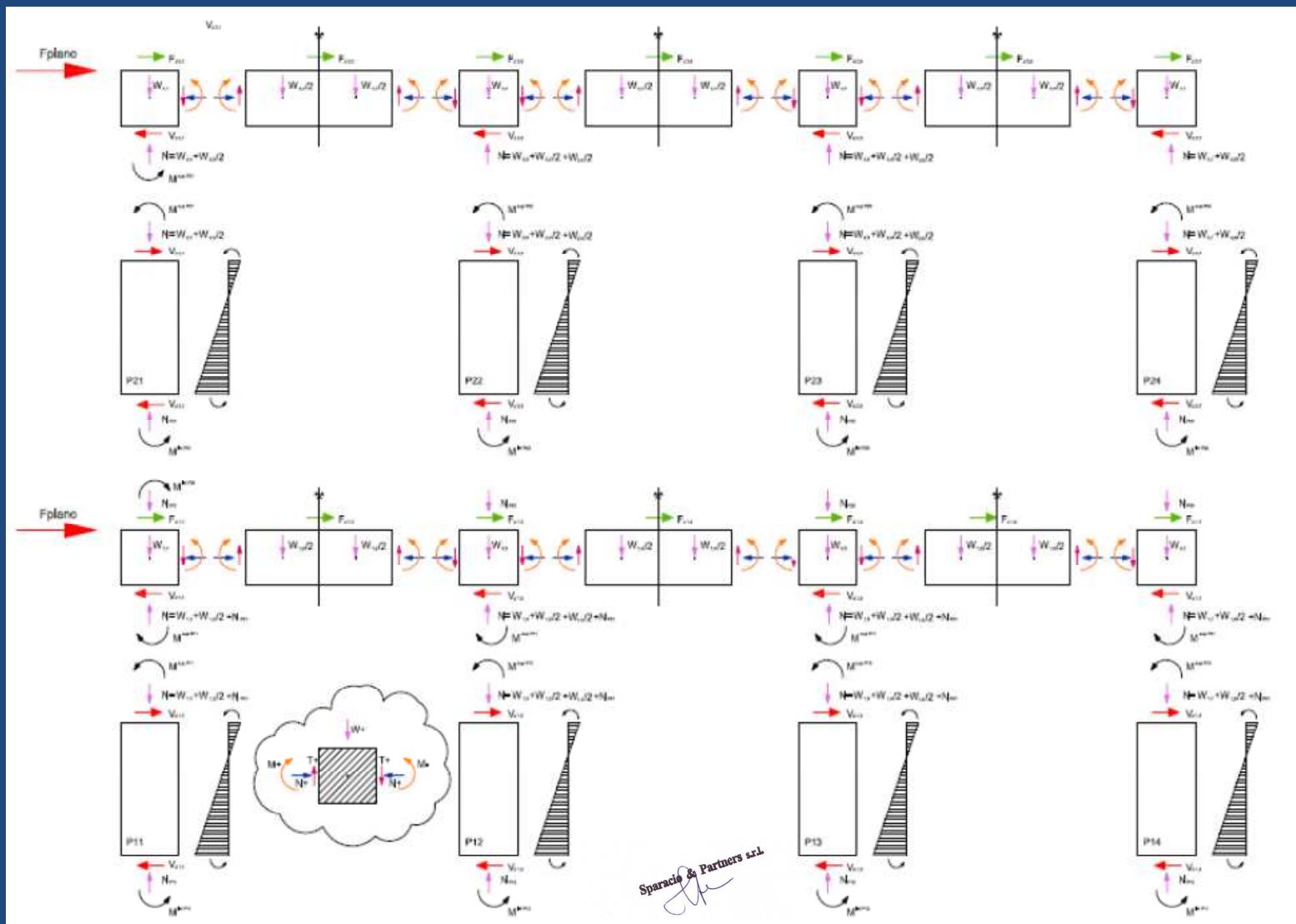
Differenti risposte deformative di pannelli murari in funzione dei vincoli di bordo

Gli approcci di analisi globale



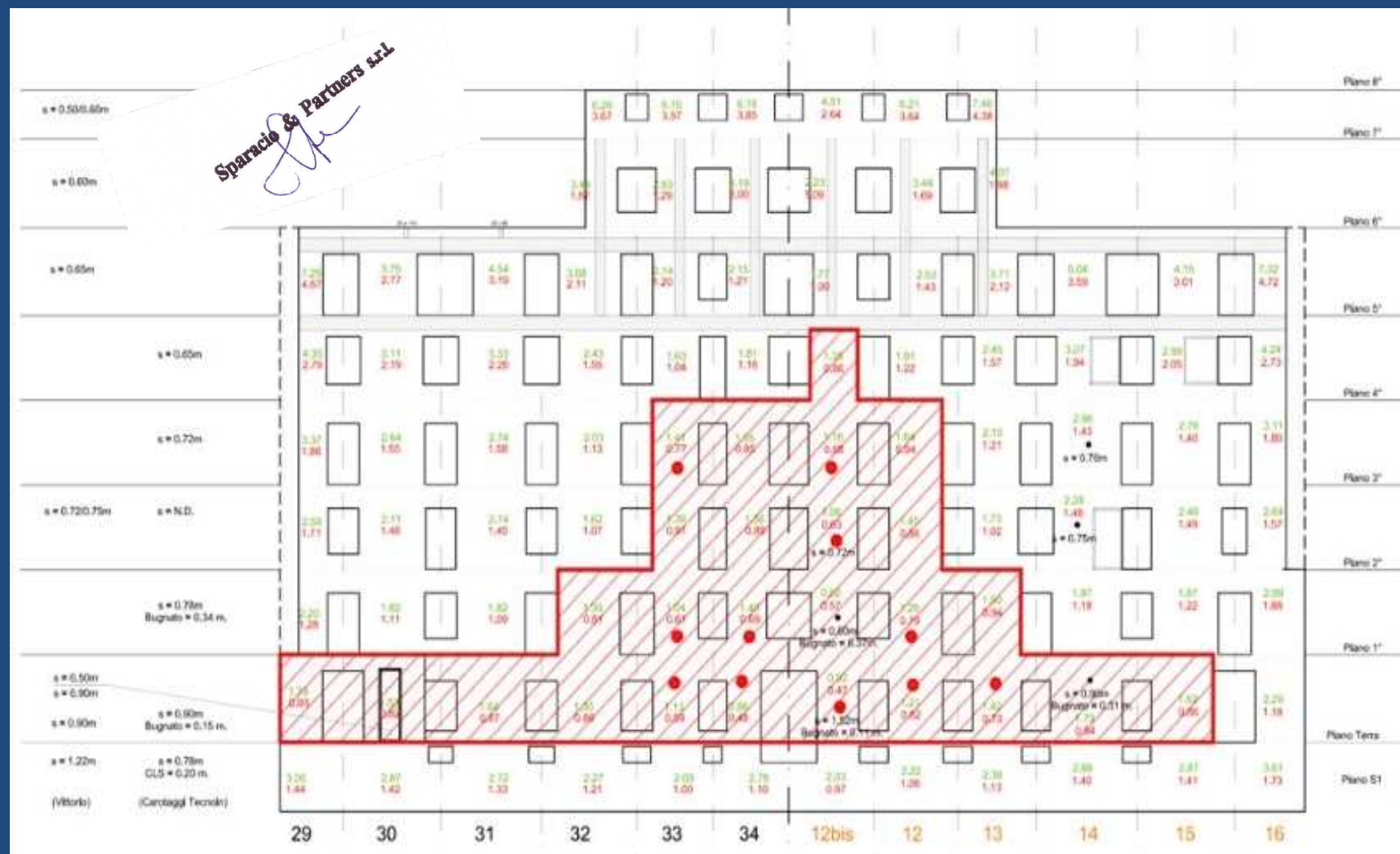
Vista di una facciata con pannelli con larghezza insufficiente

Gli approcci di analisi globale



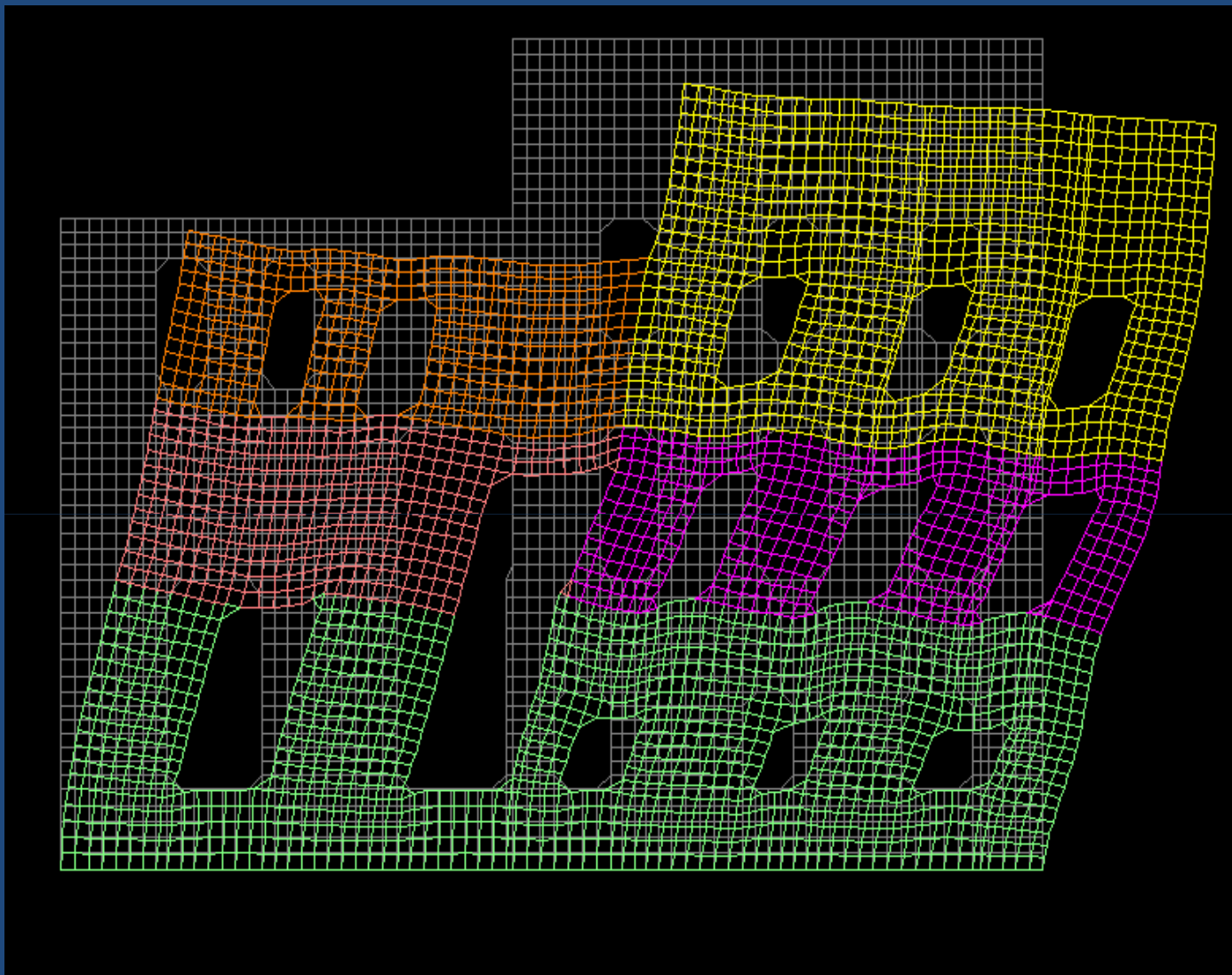
Scomposizione della parete muraria in “Maschi”, “Pannelli di fascia”, “Pannelli di nodo”

Gli approcci di analisi globale



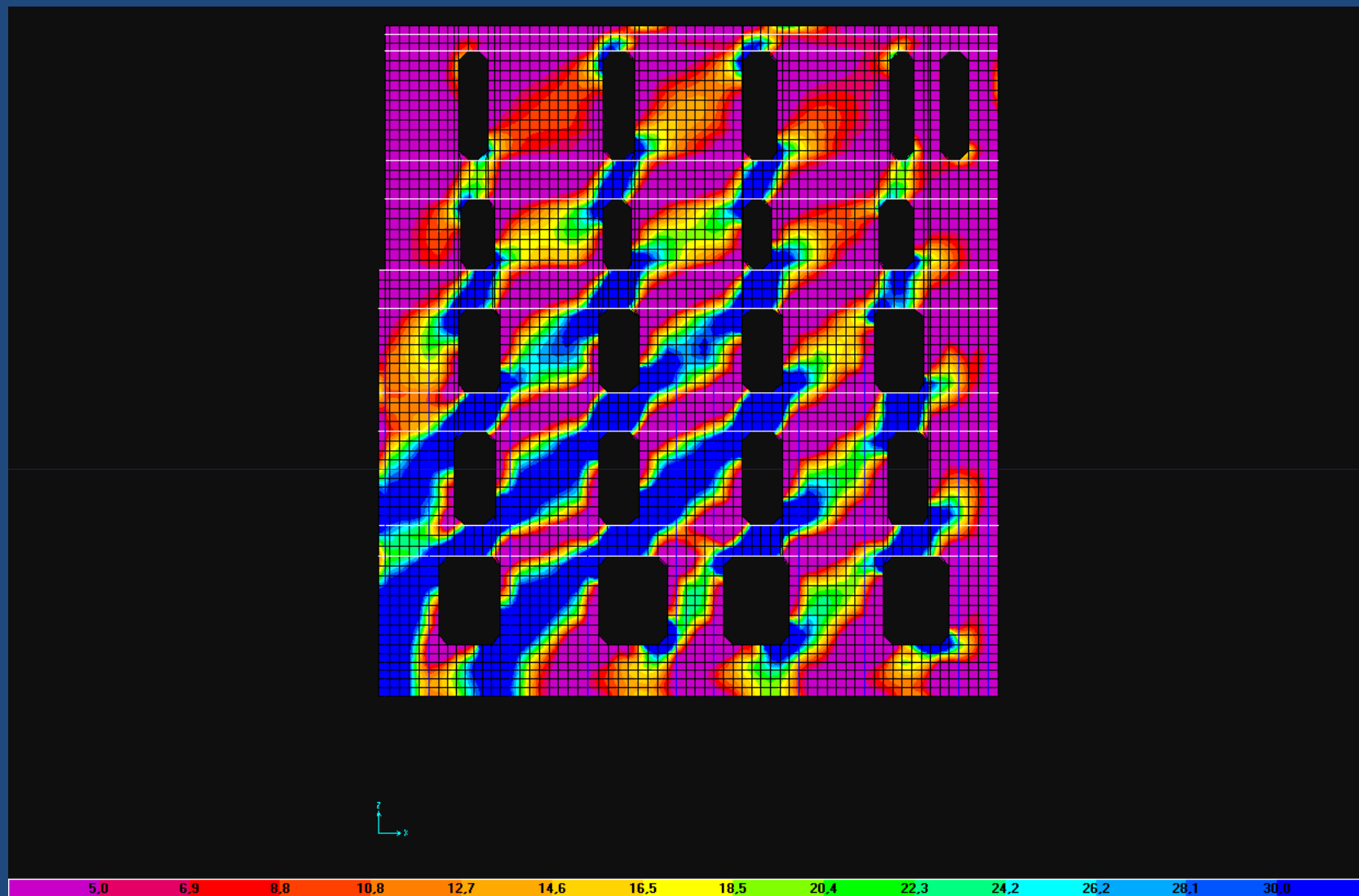
Analisi statica per meccanismi di rottura. Verifica singoli maschi murari

Gli approcci di analisi globale



Analisi bidimensionale F.E.M. in campo elastico di un pannello murario.
Deformazioni associate a componenti di azioni orizzontali

Gli approcci di analisi globale



Analisi bidimensionale F.E.M. di un pannello murario.
Stati tensionali associati ad una componente di azione orizzontale

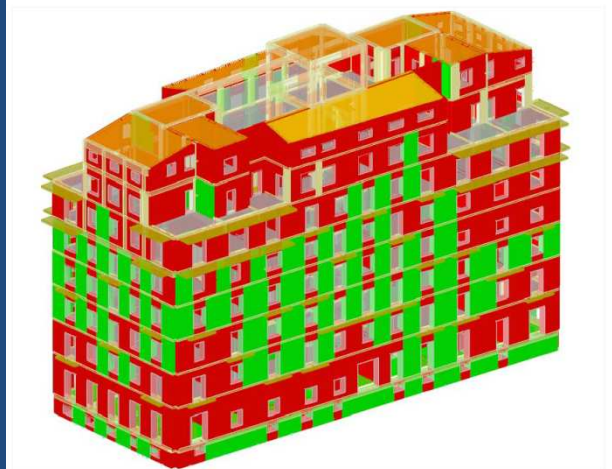
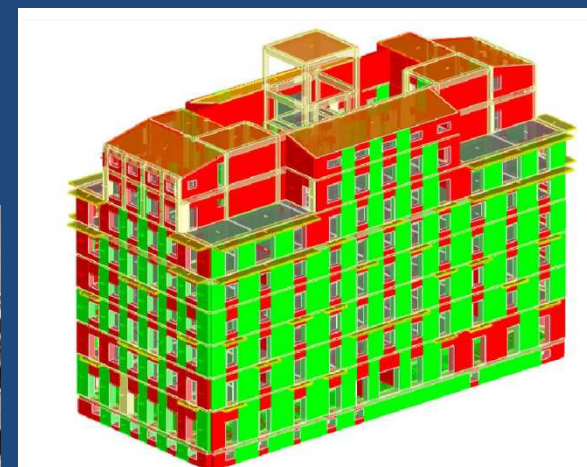
Gli approcci di analisi



Modello 3D per analisi dinamica lineare – Analisi Modale



Verifica di Vulnerabilità e progetto di miglioramento sismico .
Palazzo Santoro in Salerno



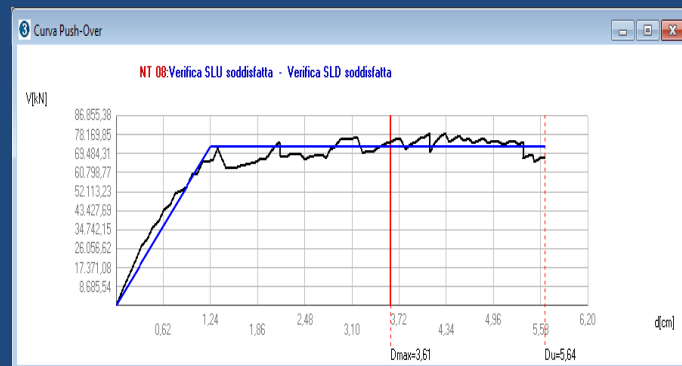
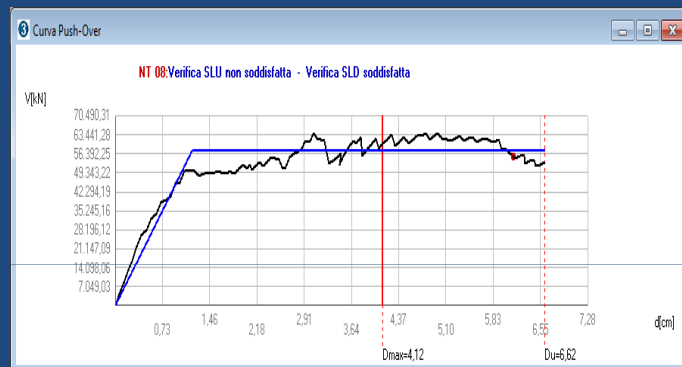
Analisi per condizione sismica con moltiplicatore $\alpha = 0,60$



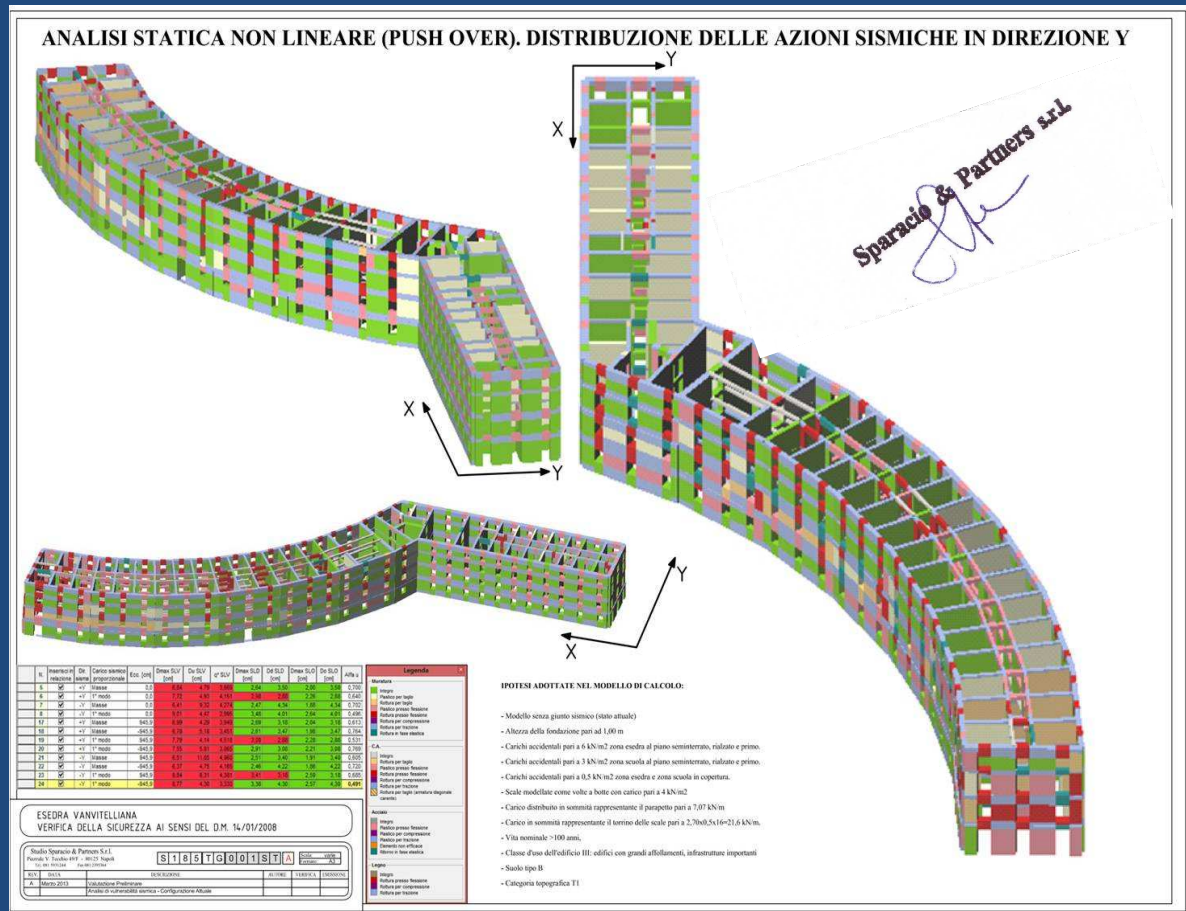
Analisi per condizione sismica con moltiplicatore $\alpha = 0,30$

Gli approcci di analisi

Verifica di Vulnerabilità e progetto di miglioramento sismico.
Esedra Vanvitelliana della Reggia di Caserta.



Curve di capacità tipo



Modello 3D per macroelementi per analisi
statica non lineare – Push Over

Isolamento alla base

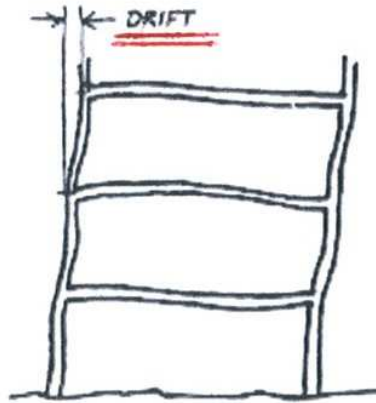
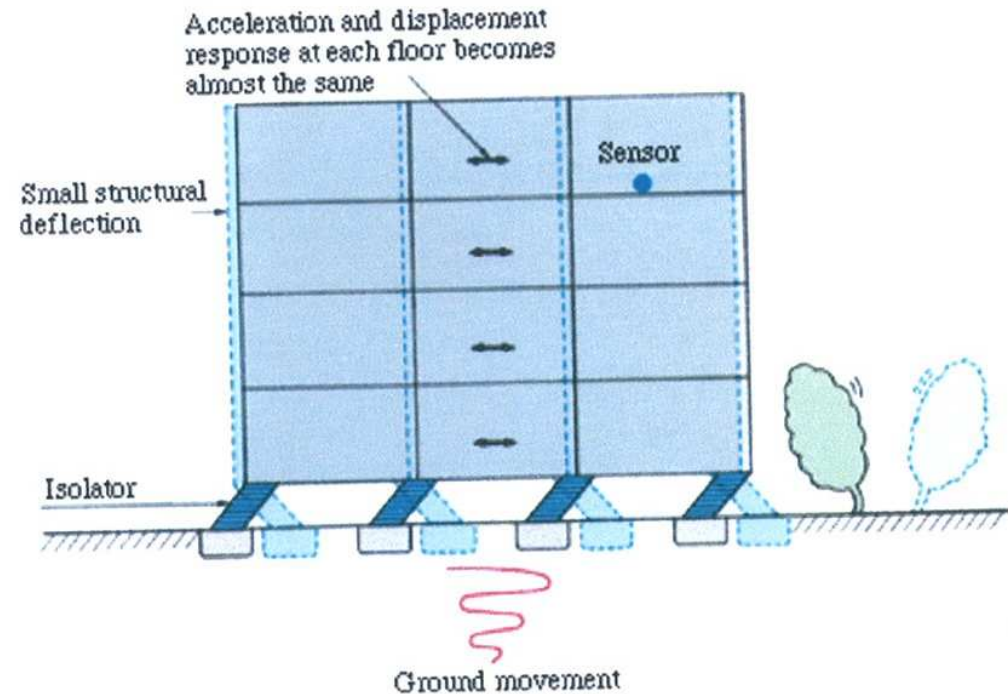


Figure 23: The definition of drift: horizontal story-to-story deflection.



Al di sotto delle strutture in elevazione sono disposti i blocchi elastomerici in grado di smorzare le oscillazioni indotte dal sisma.



Isolamento alla base

Quindi, malgrado si sarebbe dovuto aspettare secoli per mettere a punto difese dal sisma efficaci e scientificamente fondate, e in tempi nei quali la conoscenza delle cause dei moti tellurici era ancora degradata dalle nebbie del mito, i costruttori cretesi avevano i modi per difendersi.

Passiamo ora ad animazioni, appositamente elaborate, per mostrare in modo più suggestivo, il significato e gli obiettivi dell'isolamento nell'ingegneria antisismica.

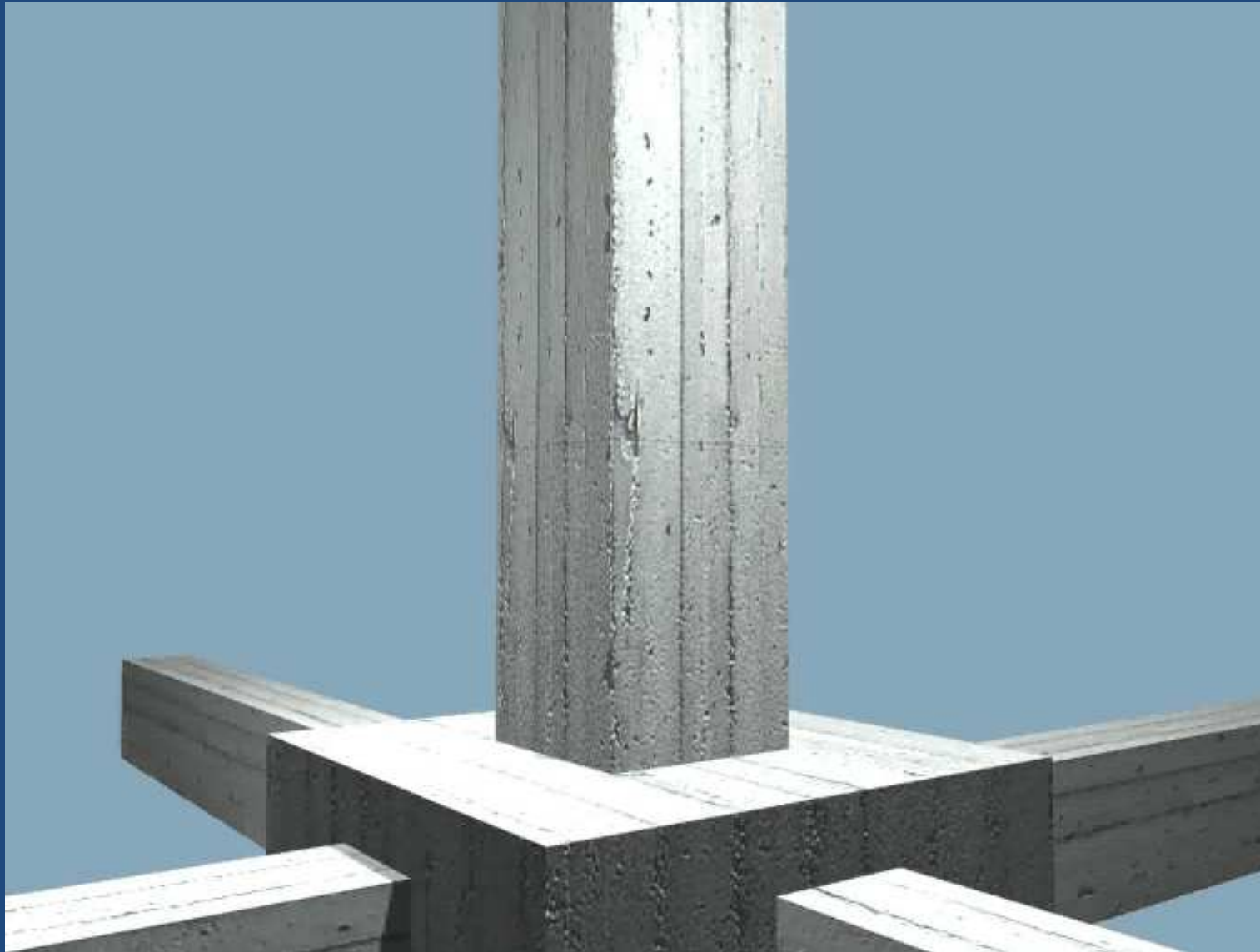
Si tratta di interventi operati su immobili in c.a. dei quali era stato già completato lo scheletro, ciò che impone il taglio dei pilastri per la messa in sito dei dispositivi di isolamento.

Isolamento alla base



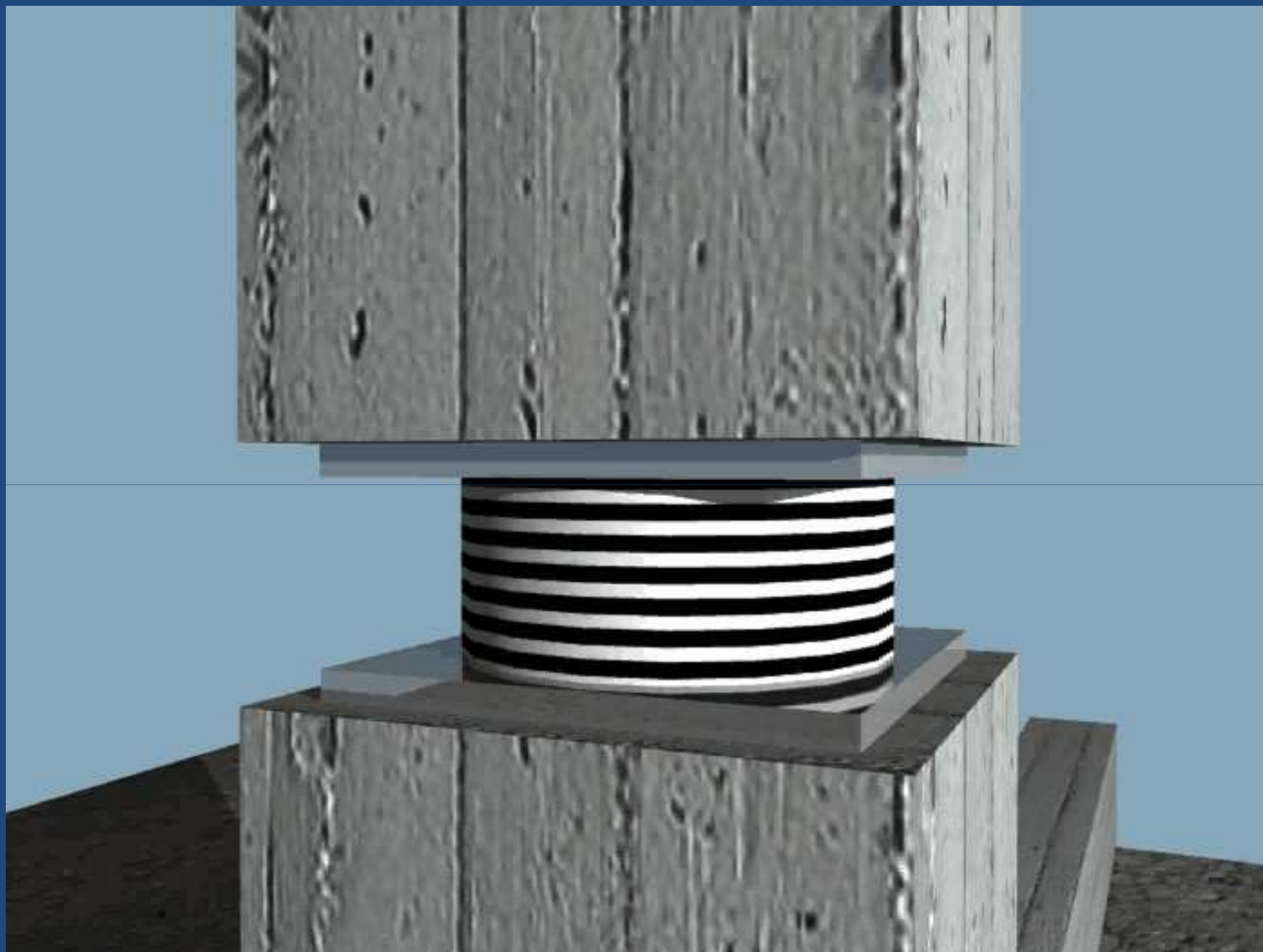
La configurazione complessa del centro polifunzionale di Soccavo.
Le caratteristiche geometriche e strutturali originarie non favorivano soluzioni tradizionali di consolidamento sismico.
La sola soluzione praticabile, al fine di evitare la demolizione della struttura, apparve quella dell'isolamento alla base.

Isolamento alla base



Rappresentazione del procedimento costruttivo che inserisce l'isolatore nel pilastro.

Isolamento alla base



Gli effetti della presenza degli isolatori alla base

Isolamento alla base



Isolamento alla base



Dettaglio delle piastre di collegamento. Centro Polifunzionale di Napoli.

Isolamento alla base



Le operazioni di taglio dei pilastri presso il centro Polifunzionale di Napoli.

Isolamento alla base



Dettaglio dell'impalcato rigido al di sopra del piano di isolamento.
Centro Polifunzionale di Napoli.

Isolamento alla base



Dettaglio dell'impalcato rigido al di sopra del piano di isolamento.
Centro Polifunzionale di Napoli.

A photograph of a pond filled with large, round green lily pads. Several water lilies are in bloom, showing white and light purple petals. The water is dark and reflects the surrounding greenery. The scene is set outdoors with trees and rocks visible in the background.

RENATO SPARACIO

GRAZIE!

Le ninfee non sono di stoffa!