

LEZIONE 7

LE OPERE PROVVISORIALI

FUNZIONE

URGENZA

- Arresto di dissesti in atto
 - Sicurezza nei riguardi di eventi probabili (crisi sismica)
- ⇒ servono a congelare lo stato attuale della costruzione in attesa che il progettista abbia definito l'intervento

PREVENZIONE

- Opere da mettere in atto prima di un intervento di consolidamento per garantire la sicurezza durante i lavori (incolumità di chi lavora e dell'edificio stesso)

INTERVENTO DEFINITIVO

- Quando la reversibilità è il requisito primario dell'intervento di restauro, spesso l'unica soluzione è individuabile nell'ambito delle soluzioni tipicamente utilizzate come opere provvisorie.

MECCANISMO ESERCITATO

SOSTEGNO

Dissesti che si esplicano attraverso moti di traslazione verticale

RITEGNO

Dissesti che si esplicano attraverso moti di rotazione contrastati impedendo la traslazione orizzontale di uno o più punti

SOSTEGNO E RITEGNO

Dissesti che si esplicano attraverso moti di rotazione e traslazione verticale

SOLUZIONI TECNICHE

PUNTELLI

Elementi che lavorano a compressione, spesso con vincolo esterno alla struttura

TIRANTI

Elementi che lavorano a trazione, con azioni autoequilibrate e con funzione di collegamento mutuo tra le parti

MECCANISMO ESERCITATO

1. Dissesti che necessitano di opere provvisionali di sostegno

- Collasso di murature per schiacciamento
- Collasso di pilastri o colonne per schiacciamento
- Cedimenti di fondazione
- Rotture di architravi
- Dissesti agli elementi lignei (elementi lesionati, teste degradate)

Tipologie di opere provvisionali

Puntelli - Sbadacchiature - Tamponature

2. Dissesti che necessitano di opere provvisionali di ritegno

- Ribaltamento di pareti
- Ribaltamento di piedritti per la spinta di archi
- Rottura a taglio delle pareti

Tipologie di opere provvisionali

Puntelli - Tiranti - Contrafforti

3. Dissesti che necessitano di opere provvisionali di sostegno e ritegno

- Dissesti ad archi e volte
- Spanciamenti di pareti soggette a spinte di volte
- Spostamenti di piedritti di logge, porticati, celle campanarie

Tipologie di opere provvisionali

Puntelli - Tiranti - Cerchiature

4. Caduta di materiale

- Distacchi di intonaco
- Disgregazione di elementi della muratura
- Protezione di parti di muratura esposte agli agenti atmosferici

Tipologie di opere provvisionali

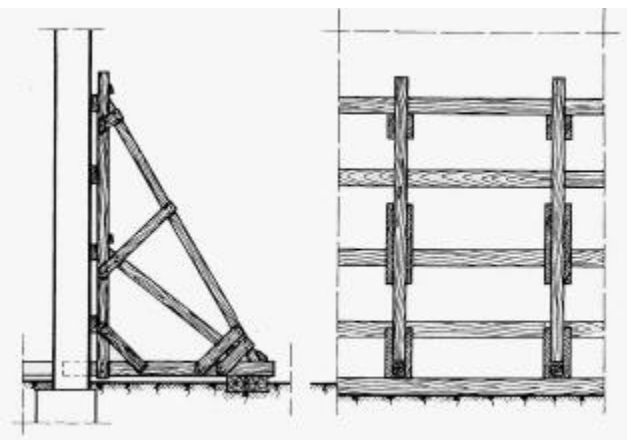
Reti di protezione

Spritz-beton

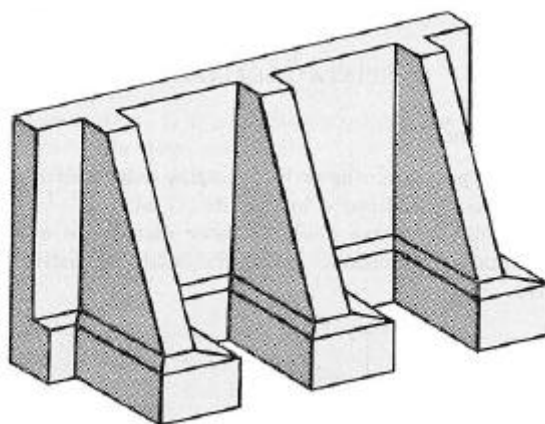
Calcolo dei puntelli

Alcune tecniche disponibili

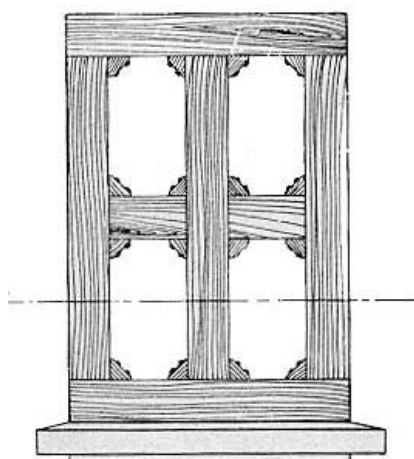
Puntellazioni



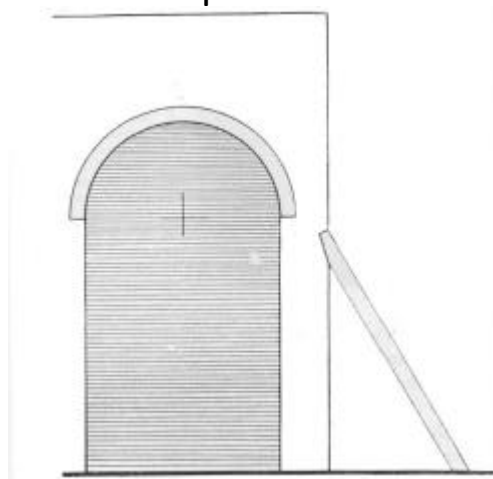
Contrafforti



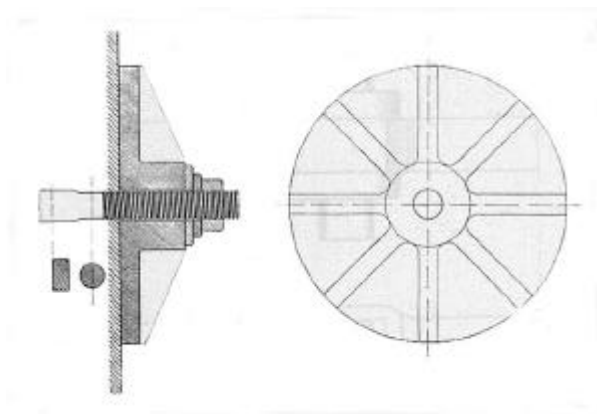
Sbadacchiature



Tamponamento



Tiranti



Cerchiatura



Carico agente sulla testa dei puntelli

E' difficile stabilire l'entità del carico gravante sulla testa dei puntelli di sostegno e ritegno. Esso è inferiore al carico totale agente in quanto le strutture murarie da consolidare, per quanto fatiscenti, non hanno esaurito le proprie capacità reattive.

Per valutare la parte di peso della struttura da affidare ai puntelli occorre considerare le caratteristiche della struttura e dei suoi dissesti.

Il problema non ha soluzione teorica. Mastrodicasa propone una tabella basata sull'esperienza ed il buon senso che tiene conto dei seguenti fattori:

- Rapporto tra vuoti e pieni al di sotto delle teste dei puntelli
- Rapporto tra vuoti e pieni al di sopra delle teste dei puntelli
- Stato di coesione delle strutture
- Natura dei dissesti
- Estensione dei dissesti
- Gravità dei dissesti.

I precedenti parametri, opportunamente tabellati, forniscono due valori c_1 e c_2 da cui si deduce il carico P' agente sulla testa dei puntelli

$$P' = c_1 c_2 P$$

Coefficiente c_2 di riduzione del carico agente sui puntelli

$$P' = c_1 c_2 P$$

Dissesto			Muro sopra l'orizzonte della testa dei puntelli															
Natura	Estensione	Gravità	Continuo			Aperture rade			Aperture fitte			Pilastrate			Pilastrati e colonne			
			Stato generale di coesione delle strutture															
			B	M	C	B	M	C	B	M	C	B	M	C	B	M	C	
Cedimento delle fondazioni	Generale	grave	0,70	0,75	0,85	0,75	0,80	0,90	0,80	0,85	0,95	0,90	0,95	1,00	0,95	1,00	1,00	
		lieve	0,50	0,55	0,65	0,55	0,60	0,70	0,65	0,70	0,80	0,75	0,80	0,90	0,85	0,90	1,00	
	Locale	grave	0,60	0,65	0,75	0,65	0,70	0,80	0,70	0,75	0,85	0,80	0,85	0,95	0,90	0,95	1,00	
		lieve	0,30	0,35	0,45	0,35	0,40	0,50	0,50	0,55	0,65	0,65	0,70	0,80	0,75	0,80	0,90	
	Schiacciamento e pressoflessione	Generale	grave	0,80	0,85	0,95	0,85	0,90	1,00	0,90	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
			lieve	0,60	0,65	0,75	0,65	0,70	0,80	0,75	0,80	0,90	0,85	0,90	1,00	0,90	0,95	1,00
Locale		grave	0,70	0,75	0,85	0,75	0,80	0,90	0,80	0,85	0,95	0,90	0,95	1,00	0,95	1,00	1,00	
		lieve	0,40	0,45	0,55	0,45	0,50	0,60	0,60	0,65	0,75	0,75	0,80	0,90	0,85	0,90	1,00	
Flessione per spinta	Generale	grave	0,75	0,80	0,95	0,80	0,85	0,95	0,85	0,90	1,00	0,95	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00	
		lieve	0,55	0,60	0,70	0,60	0,65	0,75	0,70	0,75	0,85	0,80	0,85	0,95	0,85	0,90	1,00	
	Locale	grave	0,65	0,70	0,80	0,70	0,75	0,85	0,75	0,80	0,90	0,85	0,90	1,00	0,90	0,95	1,00	
		lieve	0,35	0,40	0,50	0,40	0,45	0,55	0,55	0,60	0,70	0,70	0,75	0,85	0,75	0,80	0,90	

B = buono; M = mediocre; C = cattivo.

Coefficiente c_1 di riduzione del carico agente sui puntelli

$$P' = c_1 c_2 P$$

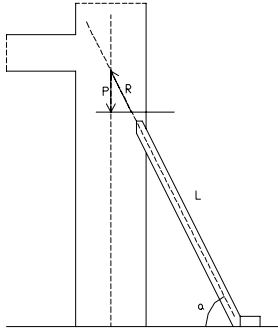
Dissesto			Muro sotto l'orizzonte della testa dei puntelli														
Natura	Estensione	Gravità	Continuo			Aperture rade			Aperture fitte			Pilastrate			Pilastrati e colonne		
			Stato generale di coesione delle strutture														
			B	M	C	B	M	C	B	M	C	B	M	C	B	M	C
Cedimento delle fondazioni	Generale	grave	0,55	0,60	0,70	0,60	0,65	0,75	0,65	0,70	0,80	0,75	0,80	0,90	1,00	1,00	1,00
		lieve	0,35	0,40	0,50	0,40	0,45	0,55	0,45	0,50	0,60	0,55	0,60	0,70	0,85	0,90	1,00
	Locale	grave	0,50	0,55	0,65	0,55	0,60	0,70	0,60	0,65	0,75	0,65	0,70	0,80	0,90	0,95	1,00
		lieve	0,30	0,35	0,45	0,35	0,40	0,50	0,40	0,45	0,55	0,45	0,50	0,60	0,80	0,85	0,95
Schiacciamento e pressoflessione	Generale	grave	0,65	0,70	0,80	0,70	0,75	0,85	0,75	0,80	0,90	0,85	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
		lieve	0,45	0,50	0,60	0,50	0,55	0,65	0,55	0,60	0,70	0,65	0,70	0,80	0,95	1,00	1,00
	Locale	grave	0,55	0,60	0,70	0,60	0,65	0,75	0,65	0,70	0,80	0,75	0,80	0,90	1,00	1,00	1,00
		lieve	0,35	0,40	0,50	0,40	0,45	0,55	0,45	0,50	0,60	0,55	0,60	0,70	0,90	0,95	1,00
Flessione per spinta	Generale	grave	0,75	0,80	0,90	0,80	0,85	0,95	0,85	0,90	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		lieve	0,55	0,60	0,70	0,60	0,65	0,75	0,65	0,70	0,80	0,75	0,80	0,90	0,90	0,95	1,00
	Locale	grave	0,65	0,70	0,80	0,70	0,75	0,85	0,75	0,80	0,90	0,85	0,90	0,95	0,95	1,00	1,00
		lieve	0,45	0,50	0,60	0,50	0,55	0,65	0,55	0,60	0,70	0,65	0,70	0,80	0,85	0,9	1,00

B = buono; M = mediocre; C = cattivo.

ESEMPI DI CALCOLI DI PUNTELLAZIONI

1) AZIONE DI SOSTEGNO ALLA MURATURA

PUNTELLO SEMPLICE



a)

$$R = P/\sin\alpha$$

$$R' = c_1 c_2 R \quad (\text{per } c_1 c_2 \text{ cfr. Mastrodicasa})$$

- **VERIFICA A COMPRESSIONE:**

$$\sigma_P = R'/A < \sigma_{amm}$$

- **VERIFICA DI STABILITÀ:**

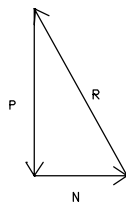
$$L_c = 1, \quad i = \sqrt{J/A}, \quad \lambda = L_c/i, \quad \Rightarrow \omega$$

$$\sigma_P = \omega R'/A < \sigma_{amm}$$

- **VERIFICA DI SCORRIMENTO AL PIEDE:**

f = coefficiente di attrito

$$f > \tan \alpha$$



b) presenza dell'attrito tra le murature

$$P = R \sin\alpha + R_1 \sin\beta$$

$$R \cos\alpha = R_1 \cos\beta$$

$$\Rightarrow R' = c_1 c_2 R$$

$$R_1' = c_1 c_2 R_1$$

- **VERIFICA A COMPRESSIONE:**

$$\sigma_P = R'/A < \sigma_{amm}$$

- **VERIFICA DI STABILITÀ:**

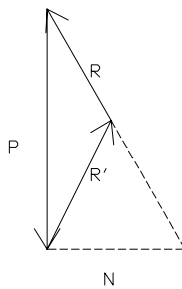
$$L_c = 1, \quad i = \sqrt{J/A}, \quad \lambda = L_c/i, \quad \Rightarrow \omega$$

$$\sigma_P = \omega R'/A < \sigma_{amm}$$

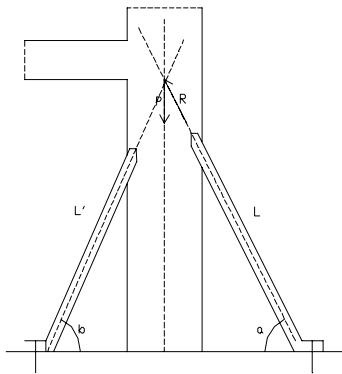
- **VERIFICA DI SCORRIMENTO AL PIEDE:**

f = coefficiente di attrito

$$f > \tan \alpha$$



PUNTELLO DOPPIO



$$P = R_E \sin \alpha + R_I \sin \beta$$

$$R_E \cos \alpha = R_I \cos \beta$$

$$\Rightarrow R_E' = c_1 c_2 R_E$$

$$R_I' = c_1 c_2 R_I$$

- **VERIFICA A COMPRESSIONE:**

$$\sigma_P = R'/A < \sigma_{amm}$$

- **VERIFICA DI STABILITÀ:**

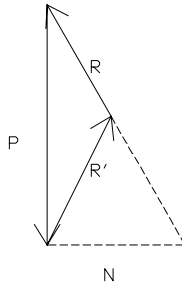
$$L_c = 1, i = \sqrt{J/A}, \lambda = L/i, \Rightarrow \omega$$

$$\sigma_P = \omega R'/A < \sigma_{amm}$$

- **VERIFICA DI SCORRIMENTO AL PIEDE:**

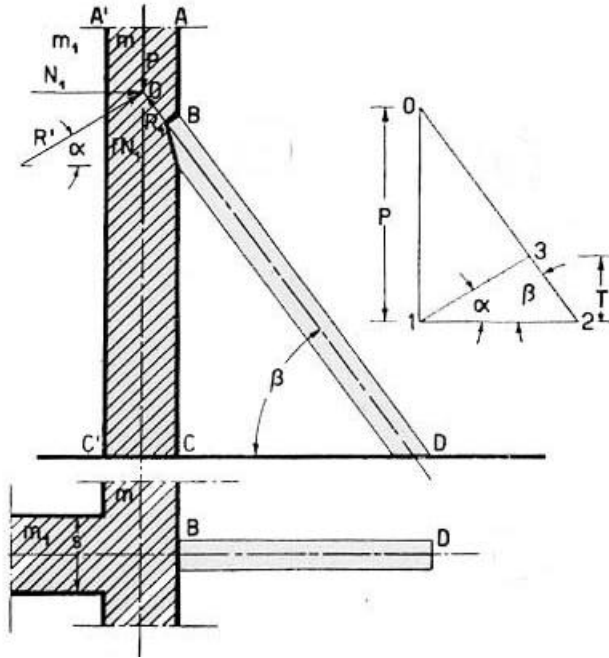
f = coefficiente di attrito

$$f > \tan \alpha$$



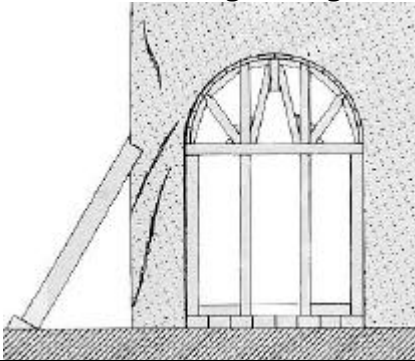
Azione di sostegno

Azione di sostegno delle murature



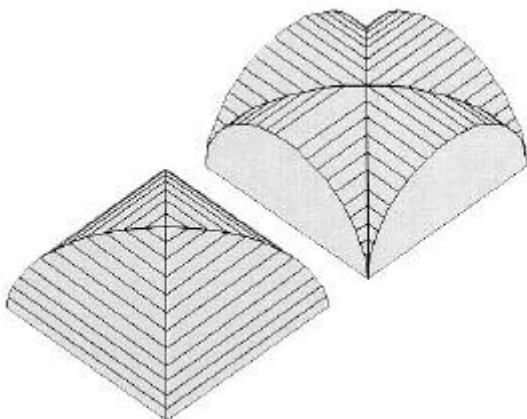
L'azione del puntello genera una componente spingente (N_1 o R_1 a seconda che si valuti o meno la presenza dell'attrito) che viene assorbita dal muro di spina m_1 .

Azione di sostegno degli archi



Il carico sui puntelli è in genere limitato e può essere valutato dai pesi presenti ipotizzando un arco di scarico nella muratura soprastante. Occorre valutare l'effetto delle azioni concentrate sulla curva delle pressioni

Azione di sostegno delle volte

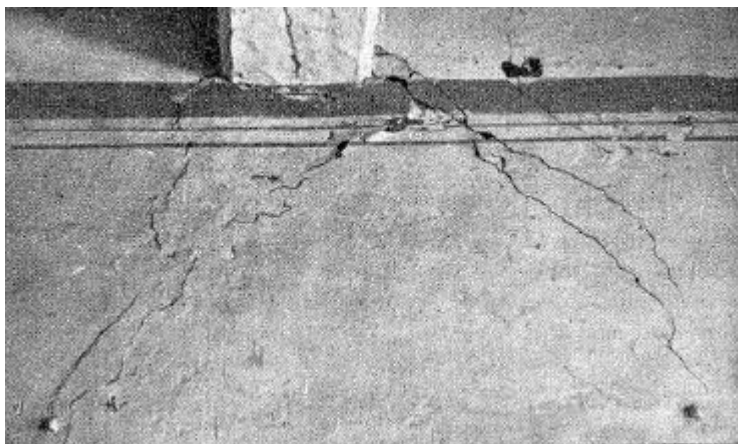


Il carico sui puntelli è quello esercitato dal peso del solaio. Occorre:

- evitare azioni concentrate
- effettuare alleggerimenti con prudenza per evitare alterazioni nella distribuzione dei carichi
- non togliere i rinfianchi

Dissesti che necessitano di opere provvisorie di sostegno

Collasso di pareti per schiacciamento



Cedimento di elementi della copertura



Madonna del prato - Gubbio



Chiesa del cimitero - Gubbio

Collasso di pilastri o colonne per schiacciamento



S. Maria Assunta - Sellano



Cedimenti di fondazione





S. Maria Assunta - Sellano



Edificio - Nocera Umbra

Dissesti agli elementi lignei

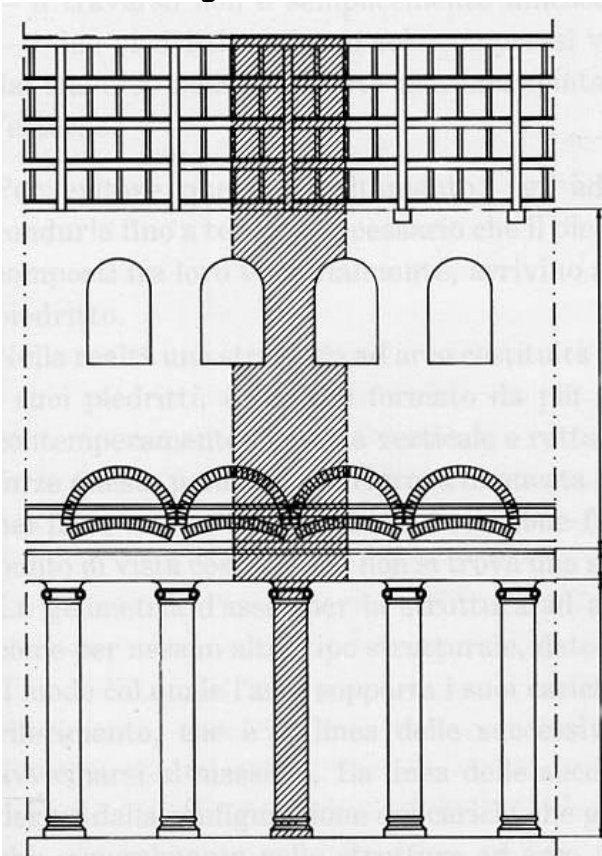


Edificio - Arenzano (Ge)

cedimento dell'appoggio delle travi per degrado delle teste

Azione di ritegno

Azione di ritegno: cerchiatura

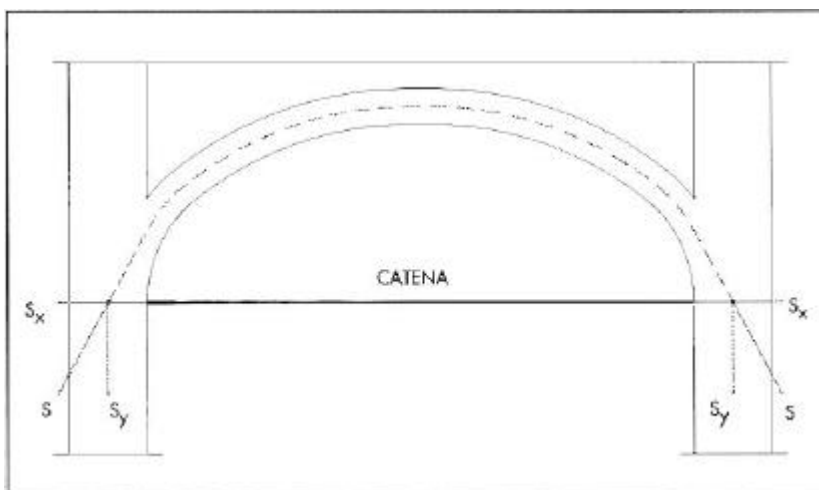


La cerchiatura ostacola la dilatazione trasversale e quindi la fessurazione degli elementi; conseguentemente, aumenta la resistenza a compressione assiale.

Nel caso di pilastri a sezione rettangolare, la cerchiatura è meno efficace in quanto l'azione concentrata sugli spigoli può provocare schiacciamenti locali.

- Disporre ferri d'angolo lungo gli spigoli per ripartire la sollecitazione

Azione di ritegno: posizionamento di catene



L'azione del tirante deve essere tale da contrastare la componente orizzontale della spinta.

Tale componente può essere valutata applicando alla volta o all'arco il metodo del Mery.

Dissesti che necessitano di opere provvisorie di ritegno

Ribaltamento di pareti e meccanismi nel piano



S. Chiara - Assisi

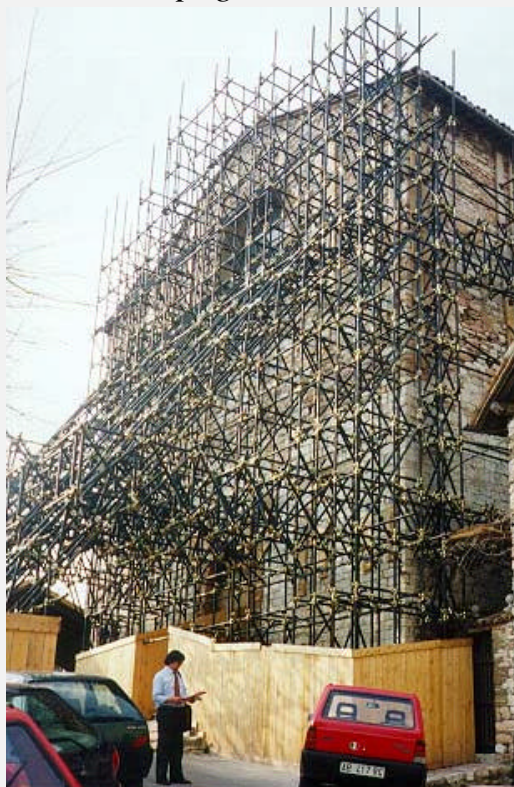
Prima pagina



S. Lucia - Foligno



Prima pagina



S. Maria delle rose - Assisi



S. Croce - Nocera Umbra



S. Cristoforo - Foligno

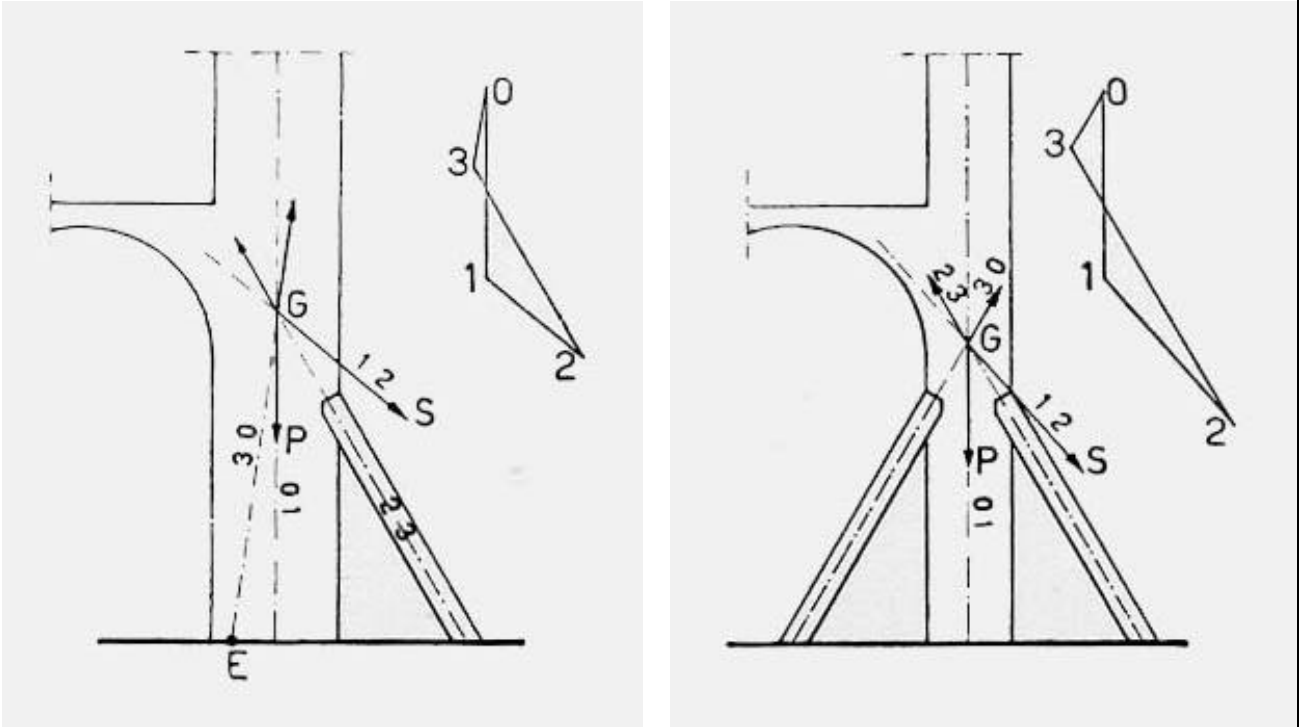
Prima pagina
Ribaltamento di pareti con strutture spingenti



S. Francesco (Pinacoteca) - Nocera Umbra

Azione di sostegno e ritegno

Azione di sostegno e ritegno delle murature



Nel primo caso la direzione 0-3 risulta arbitraria: si può scegliere che la retta di azione resti interna alla sezione di base (punto E). Nel secondo caso l'inclinazione del puntello interno rende unica la soluzione

Dissesti che necessitano di opere provvisorie di sostegno e ritegno

Dissesti agli archi



Madonna dell'Icona - Preci



S. Antonio - Preci



S. Donato - Gubbio



Triora - Imperia



Dissesti alle volte



Madonna della Stella - Montefalco



Basilica di S. Francesco - Assisi



Basilica di S. Francesco - Assisi

Rotazioni dei piedritti delle celle campanarie



S. Maria Assunta - Sellano



S. Martino - Norcia



Caduta di materiale

Caduta di intonaco



S. Maria degli Angeli - Assisi

Caduta di elementi della muratura priva di un paramento



S. Silvestro - Sellano



S. Maria Assunta - Sellano