

Metodi e tipologie delle opere provvisionali.

Il presidio dell'edilizia sottoposta a sisma

Generalità

Argomento delicato, ma il più delle volte sottovalutato da ingegneri ed architetti (quasi si tratti di materia poco degna), le opere provvisionali pongono spesso problemi di non facile soluzione, specie quando l'urgenza dell'intervento e la precarietà della situazione non consentano l'esecuzione delle indagini necessarie e la conseguente loro elaborazione. In tal caso il tecnico è chiamato ad un più impegnativo compito, che partendo dall'analisi dei dati disponibili, deve portare, in breve tempo, alla progettazione delle opere da eseguire, attraverso la considerazione anche di elementi che spesso non sono squisitamente tecnici o che comunque coinvolgono il futuro processo di recupero del fabbricato, considerato sia nei tempi necessari sia, ancorchè di larga massima, nelle operazioni teniche in cui si articolerà il suo consolidamento.

Tali considerazioni, in generale sempre valide, assumono particolare valore se rapportate ad interventi di presidio in zona sismica o, ancor più, su edifici danneggiati da terremoti: i recenti casi del Friuli del 1976 e dell'Irpinia del 1980 (per limitarci all'Italia) hanno purtroppo sottolineato, da un lato, il ciclo ripresentarsi di tali eventi calamitosi, dall'altro che i maggiori costi in vite umane e in danni materiali sono sopportati dai fabbricati più vecchi, specie in quelli costituenti il tessuto edilizio dei centri antichi. E ciò non tanto per una debolezza intrinseca della struttura muraria, quanto per il degrado in cui, in generale, versano questi fabbricati, spesso al limite dell'obsolescenza, senza le necessarie opere di manutenzione se non di adeguamento strutturale.

Prima però di entrare nello specifico dell'argomento di questa conversazione è necessario richiamare alcuni concetti di tipo generale, indispensabili comunque per la trattazione organica della materia, e riferibili a qualsiasi

opera di presidio. Di questa si è abituati a considerare preminentemente l'aspetto statico, quasi che lo stesso possa esaurire compiutamente l'intera problematica ; invero, ancorchè principale, esso va considerato assieme ad altri parametri, pure importanti e che concorrono in maniera determinante alle decisioni progettuali, di seguito brevemente elencate :

- aspetti statici ;
- aspetti tecnico-costruttivi ;
- durata e manutenzione ;
- agibilità al contorno ed all'interno del fabbricato, in relazione alle possibili necessità operative del futuro cantiere ;
- aspetti formali.

Tralasciando i primi, di immediata e chiara compressione, è opportuno illustrare gli altri aspetti, che, per semplicità, saranno trattati in forma autonoma l'uno dall'altro, anche se nella realtà sono fortemente correlati tra loro. Non v'è dubbio, infatti, che particolare importanza rivesta la scelta del materiale, in relazione ai costi ed alle diverse tipologie di presidio, i cui aspetti tecnico-costruttivi, connessi alle specificità del caso in esame, possono orientare le scelte progettuali in maniera determinate. Ciò in relazione agli altri due aspetti, cui si è fatto cenno : la presumibile durata del presidio e la necessità dell'agibilità all'interno del fabbricato ed al suo contorno. D'altra parte, per garantire la perfetta funzionalità dell'opera di presidio è necessario assicurare una continua manutenzione, ed evitare che il tempo e specialmente le diverse condizioni termoigrometriche, cui sono esposte, producano un progressivo « rilassamento », tanto più grave in zona sismica in quanto il ripresentarsi del terremoto troverebbe parti presidiate ed opere di presidio tra loro non aderenti, con possibile aggravamento dei danni prodotti sulla struttura che si intendeva invece proteggere. La « continua manutenzione » consiste peraltro non solo nella verifica della conservazione delle condizioni iniziali di posa in opera, con messa in tensione delle parti eventualmente « rilassate », ma anche nel trattamento superficiale protettivo delle strutture di presidio oltrechè nell'esecuzione di tutte le opere comunque necessarie per la buona conservazione nel tempo dei materiali costituenti i presidi stessi. Il legno che, per la sua lavorabilità, per la disponibilità sul mercato e per i costi relativamente contenuti, è tra i materiali più usati, trova un limite alla sua utilizzazione proprio dal fatto che richiede costante manutenzione, specie per i fenomeni di dilatazione e contrazione che esso subisce a seguito delle variazioni termoigrometriche. Più gravi ancora gli effetti dovuti al ritiro del legname durante la stagionatura (pari, ad esempio, allo 0,176 %, lungo le fibre longitudinali nel caso dell'abete rosso) da cui deriva il perentorio divieto di uso di materiale non stagionato per opere di puntellatura. L'agibilità al contorno ed all'interno del fabbricato presidiato costituisce l'ulteriore elemento di giudizio nella scelta della tipologia della struttura di presidio, di grande importanza ove si pensi ai problemi di traffico veicolare tangente al

fabbricato o alla sua stessa accessibilità, e che deve trovare soluzione considerando anche le possibilità operative del futuro cantiere. È forse questa la parte più complessa che il progettista deve compiere, tenuto conto che egli non ha certamente il quadro completo dei dati sulla cui base verrà redatto il progetto di restauro, nè egli può o deve redigerlo ; tuttavia sulla base degli elementi in suo possesso dovrà cercare di elaborare una soluzione che non si presenti, poi, di disturbo per i lavori di restauro, dei quali dovrà, quindi, sia pure in forma di larga massima, prevedere la tipologia ed i caratteri fondamentali. Un errore di valutazione in questo campo può comportare un danno economico non indifferente, fino al completo rifacimento delle opere di presidio al momento dell'inizio dei lavori di restauro.

Infine, anche gli aspetti formali delle opere provvisionali non dovrebbero essere sottovalutati, specie quando i tempi tecnici prevedibili per il restauro appaiano non brevi e le opere di presidio interessino fabbricati di particolare pregio storico-artistico : la corretta progettazione, non riferita esclusivamente al tipo di materiali scelti od alle tipologie adottate ma anche rivolta a minimizzare il disturbo arrecato ai caratteri formali dell'edificio presidiato, può infatti consentire almeno un parziale uso del complesso, specie per quanto si attiene al godimento delle sue qualità formali e storico-artistiche.

Tipologie delle opere provvisionali

Le opere provvisionali sono in genere classificate in funzione del regime di sollecitazione che esse sopportano ; sono quindi distinte in :

- a) puntellature, soggette a pressione centrata ;
- b) tiranti e cerchiature, soggetti a trazione ;
- c) speroni e contrafforti, soggetti a pressione eccentrica.

A questa tradizionale distinzione vanno aggiunte tutte quelle opere che, pur non svolgendo una diretta azione statica, contribuiscono in maniera determinante alla salvaguardia dell'opera mediante la protezione dall'acqua e dagli agenti atmosferici (pericoli gravissimi per un edificio dissestato, capaci di diminuirne le già ridotte capacità statiche), oltrechè gli interventi di tipo passivo a protezione delle opere d'arte (altari, mosaici, affreschi, statue, ecc.). Dando per acquisite le nozioni fondamentali relative alle opere provvisionali, sarà sufficiente, in questa sede, richiamare brevemente alcuni concetti fondamentali.

Le puntellature, realizzate in legno, ferro e, per carichi notevoli e lunga durata, in cemento armato, debbono soddisfare le seguenti condizioni :

- lavorare a pressione centrata, avendo cura di evitare fenomeni di carico di punta ;
- testa e piedi dei puntelli devono essere studiati in maniera accurata in modo da garantire il necessario dispositivo ripartitore e di innesto, evitando possibili fenomeni di « scivolamento », oltrechè un'appropriata

distribuzione dei carichi in maniera da tutelare sempre e comunque i caratteri architettonici del fabbricato da presidiare ;

- scegliere il materiale in relazione ai caratteri intrinseci dello intervento e della presumibile durata secondo le argomentazioni già ampiamente svolte. È necessario comunque garantire una periodica verifica e manutenzione delle strutture eseguite.

Circa il dimensionamento, esso dovrà ovviamente tener conto del carico che si intende affidare alle opere provvisionali, operazione questa connessa ad una serie di elementi di difficile, quando non impossibile, calcolo ed affidata, almeno in parte, alla sensibilità ed esperienza dell'operatore nel valutare le effettive situazioni di pericolo, in relazione ai caratteri morfologici e tipologici del fabbricato e del tipo di dissesto cui si intende porre riparo. In linea orientativa, può essere di grande aiuto il ricorrere alle tabelle pubblicate da S. Mastrodicasa (« Dissesti statici delle strutture edilizie », Hoepli-Milano, VI edizione tab. n. 1 e 2) attraverso le quali è possibile determinare i valori dei coefficienti c_1 e c_2 che compaiono nella formula

$$P' = c_1 c_2 P$$

dove P è il carico complessivo portato dalla muratura presidiata al di sopra della testa dei puntelli e P' è, invece, quello ridotto, da affidare alla puntellatura. I valori di c_1 e c_2 sono tabellati in funzione delle seguenti variabili :

- rapporto tra vuoti e pieni delle strutture al di sopra e al di sotto della testa dei puntelli ;
- stato di coesione delle strutture ;
- natura del dissesto ;
- estensione del dissesto ;
- gravità del dissesto.

Operando in tale maniera si sostituirà al valore P il valore P' , così ottenuto, procedendo poi con metodo grafico alla ripartizione dello stesso tra i diversi puntelli e verificando la sezione progettata. Le figure 1 e 2 riportano schematicamente due esemplificazioni di calcolo. Nel caso di puntelli di ritegno, essi debbono garantire che sia assorbita la spinta orizzontale, avendo cura che il contatto tra il puntello e muro non sia mai puntuale ma ripartito mediante dormienti verticali e/o orizzontali su un'ampia superficie (come si vedrà nel seguito, questa raccomandazione è particolarmente importante nelle zone sismiche). Le figure 3-4-5-6 riportano alcuni semplici schemi di puntellature con l'avvertenza che i puntoni in legno sono travi di dimensioni $13 \times 13/15 \times 15/16 \times 16$, mentre le controventature e le tirantature sono costituite da tavole (mezzanelle) dello spessore di cm. 2,5. Per i dormienti possono essere usati tavoloni (dello spessore di cm. 5) oppure travi, a seconda dell'interasse tra i punti di appoggio.

Per quanto si attiene alla contabilizzazione delle puntellature c'è da dire che in genere esse sono pagate a nolo, per giunto tubo quelle metalliche, a ml. di puntone se in legno, mentre strutture più complesse e con materiale non recuperabile (come ad esempio quelle in c.a.) sono pagate a misura. Spesso, quando si presume che la durata delle opere di presidio potrà essere di qualche anno, tenuto conto della degradabilità del materiale, e quindi della probabile impossibilità del suo riutilizzo, si preferisce acquistare il materiale.

I tiranti, tra le opere provvisionali, occupano una particolare importanza per l'azione efficace che riescono a svolgere senza peraltro porre i problemi di ingombro propri delle puntellature. Per comodità di esposizione nel seguito si tratteranno in forma distinta le catene, le cerchiature, le tirantature. Le catene, finalizzate ad assorbire la componente orizzontale della spinta esercitata da archi e volte, sono, tra le opere di presidio, quelle più diffuse ed, in genere, usate anche per l'intervento di restauro e consolidamento definitivo. Esse, infatti, anche quando in vista, in genere non costituiscono elemento di disturbo per i valori formali dell'edificio: la loro linea sottile, infatti, nella essenzialità strutturale e materica è accettata dall'organismo edilizio e dalla sua architettura senza particolari traumi, consentendo, spesso, di prevedere la sua conservazione anche, a lavori di restauro ultimati, con conseguente trasformazione dell'intervento provvisorio in opera definitiva.

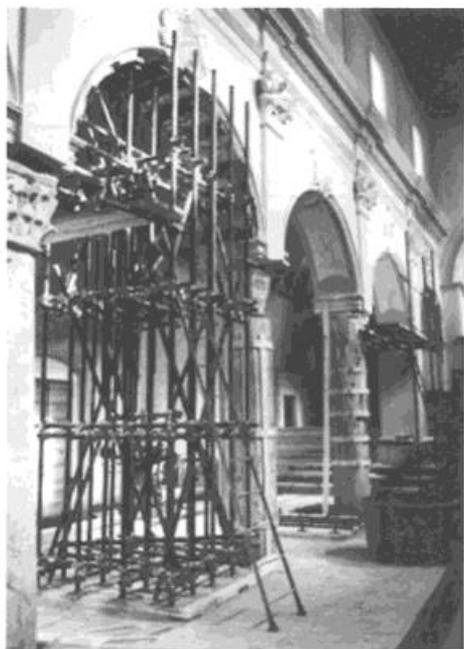


Foto n. 1. Puntellatura di un'arcata.

TABELLA 2. — COEFFICIENTE C_2 DI RIDUZIONE DEL CARICO AGENTE SUI PUNTELLI

Dissesto		Muro sopra l'orizzonte della testa dei puntelli															
		Continuo			Aperture rade			Aperture finte			Pilastrate			Pilastrati e colonne			
Natura	Estensione	Gravità	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
	Locale	lieve	0,50	0,55	0,65	0,55	0,60	0,70	0,65	0,70	0,80	0,75	0,80	0,85	0,85	0,90	1,00
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
	Locale	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
Flessione per spinta	Generale	grave	0,75	0,80	0,95	0,80	0,85	0,95	0,85	0,90	0,95	0,90	0,95	1,00	0,95	1,00	1,00
	Locale	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
	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	0,90	0,95	1,00
	Locale	lieve	0,35	0,40	0,50	0,40	0,45	0,55	0,50	0,55	0,65	0,60	0,65	0,75	0,70	0,75	0,85

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

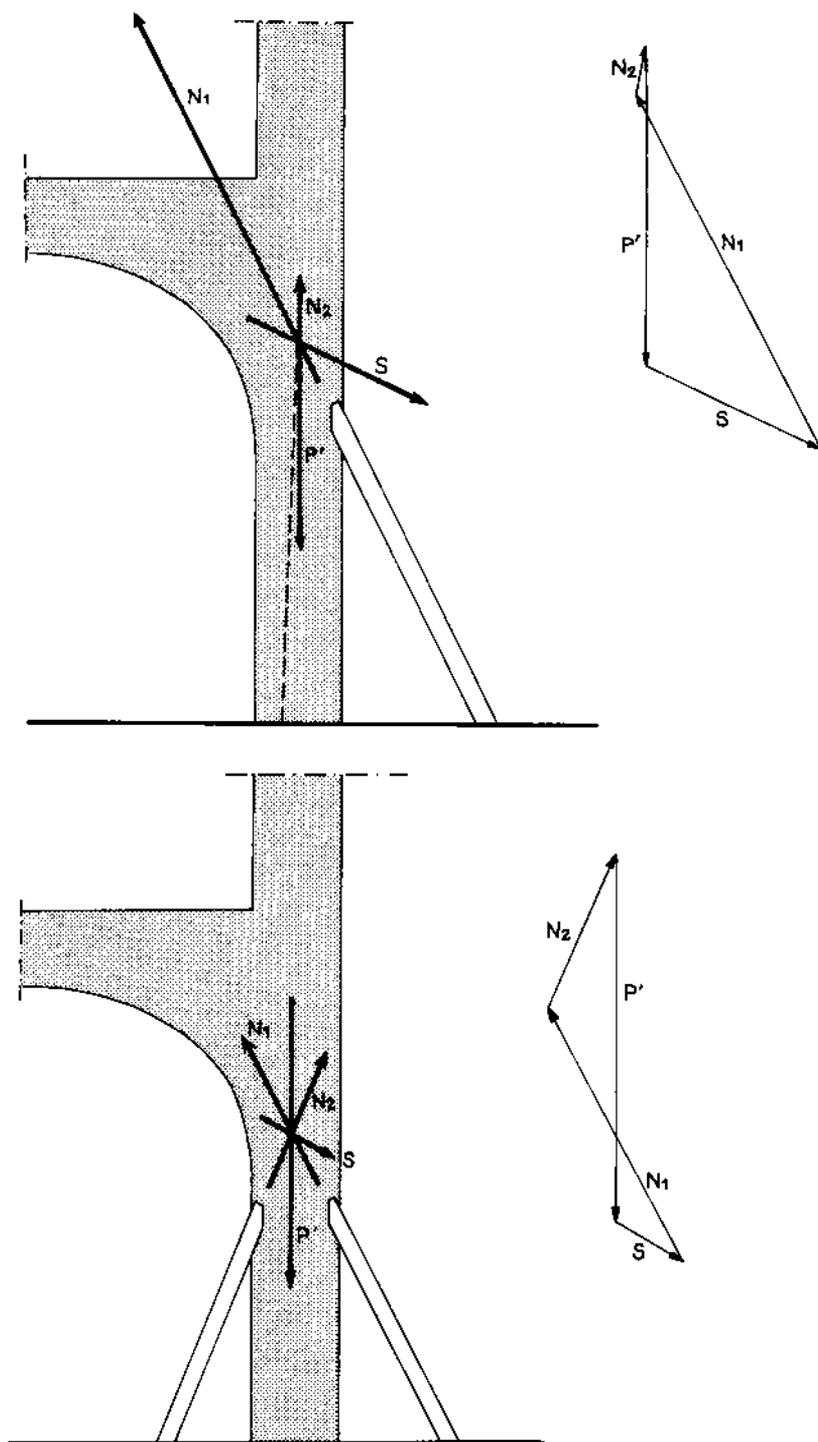


Fig. 1-2. Esemplicazioni di calcolo grafico degli sforzi N di pressione sui puntelli.

Problema specifico e delicato è la corretta ubicazione della catena e la sua messa in trazione. Per il primo problema non v'è dubbio che essa deve trovare posizione alle reni dell'arco, lì dove cioè si applica la spinta di cui si vuole annullare la componente orizzontale. Ogni diversa posizione comporterà svantaggi più o meno gravi, come nel caso della catena estradossata, che provoca sofferenza in particolare delle spalle dell'arco, soggette ad un momento dovuto alla coppia che si viene così a determinare.

La tendenza a disporre le catene all'estradosso dell'arco, nascoste nel massetto superiore, è in generale da evitare: comunque quando ciò sia assolutamente necessario si potrà adottare uno schema di armature del tipo indicato in fig. n. 8. È evidente che in tali casi le catene non debbono essere messe in tensione, se non per la parte necessaria alla loro tesatura.

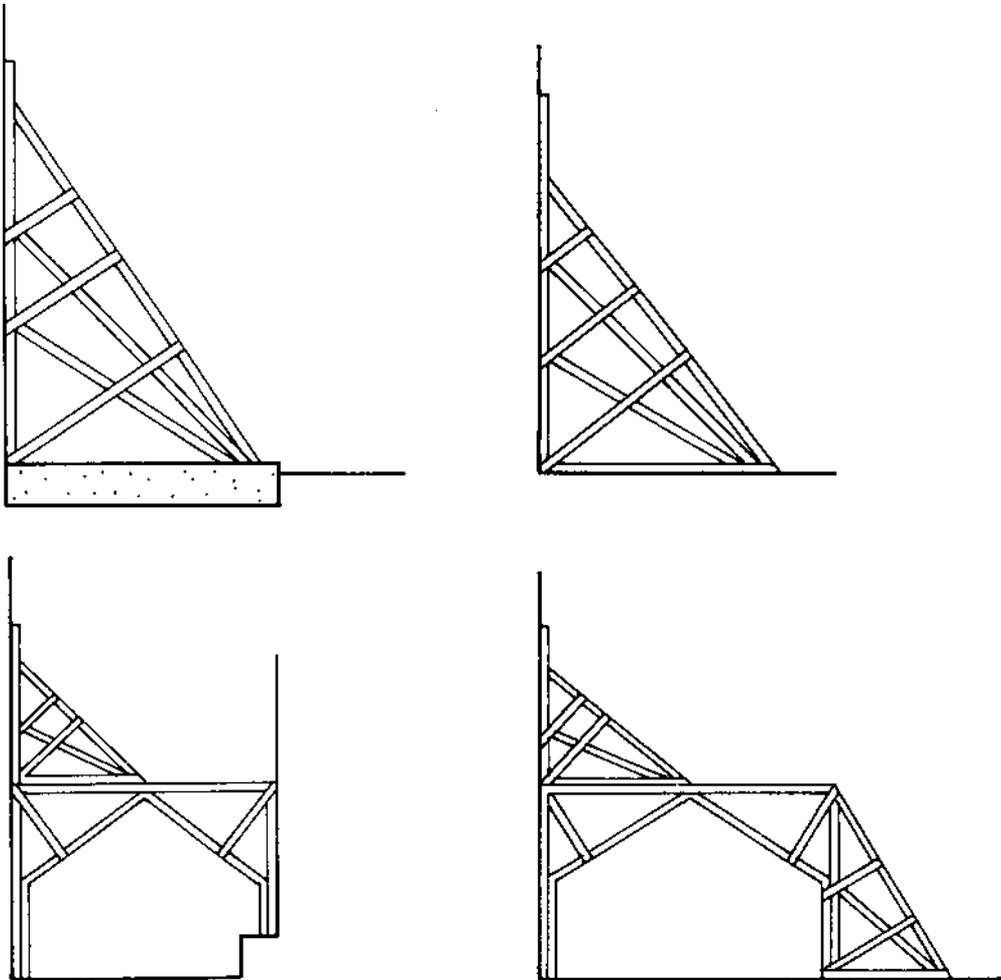


Fig. 3-4. Esempificazioni di puntellature in legno.

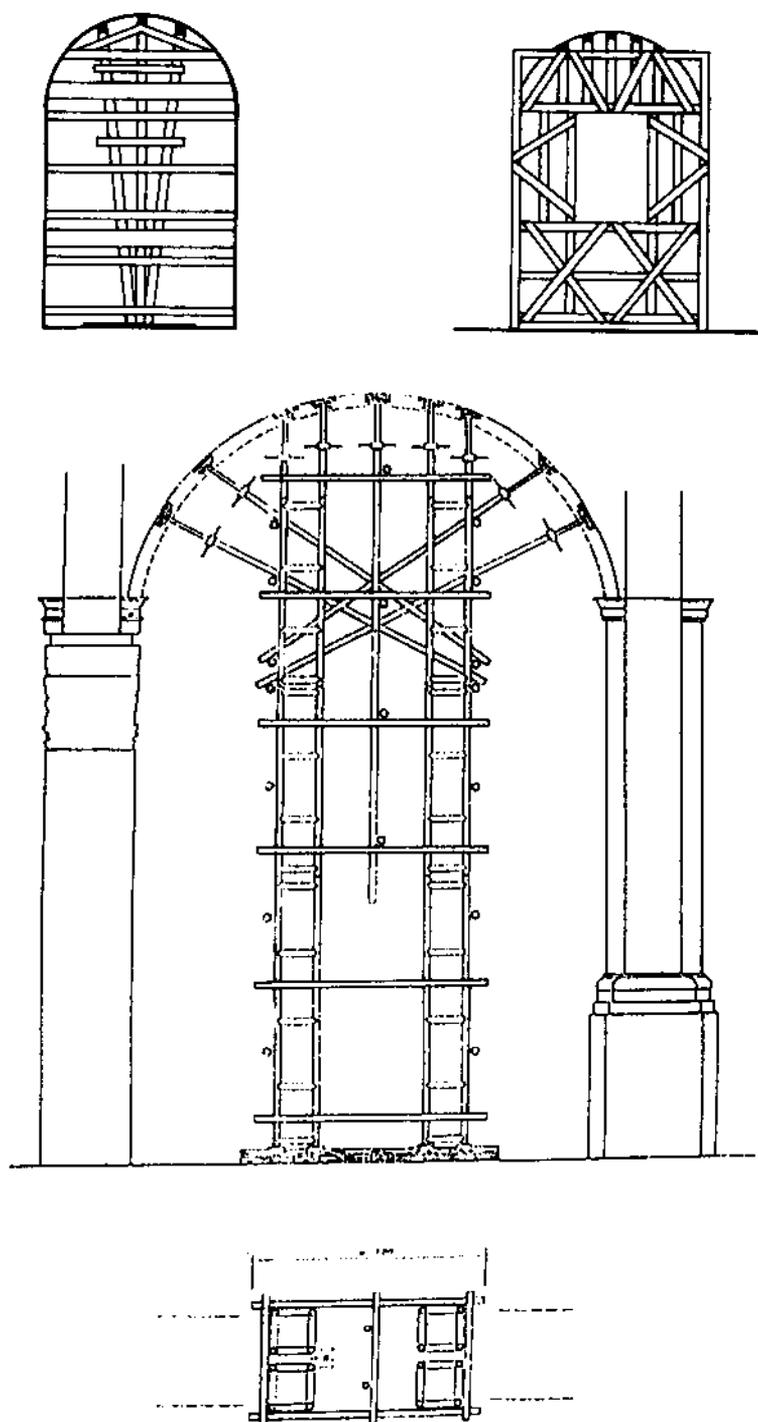


Fig. 5-6. Esempificazione di centinature di archi in legno e tubi innocenti.

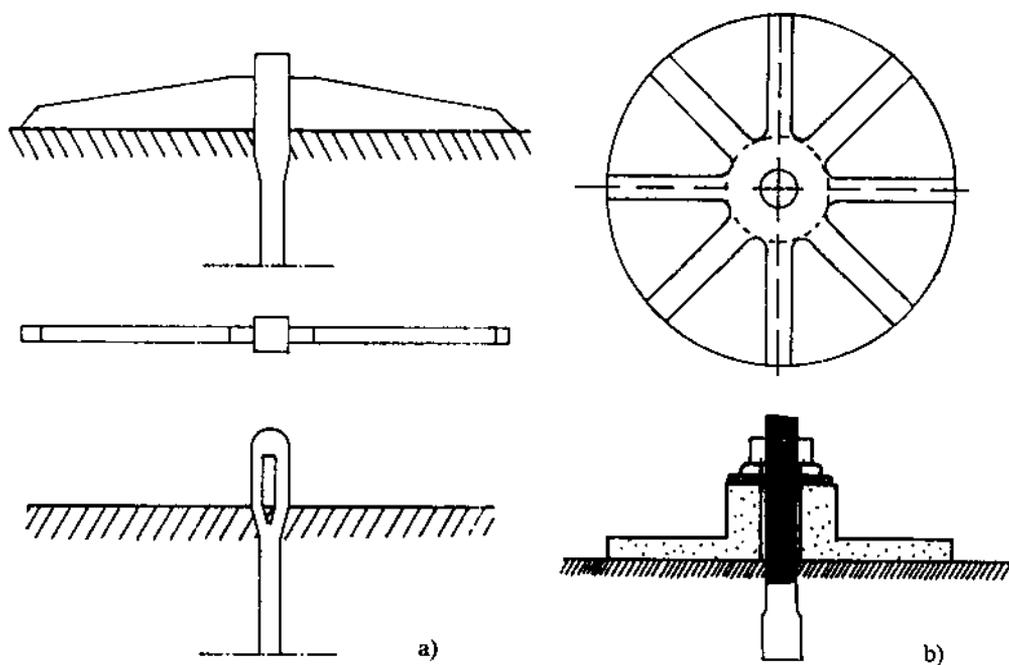


Fig. 7. Capochiave di catena : a) a paletto ; b) a piastra.

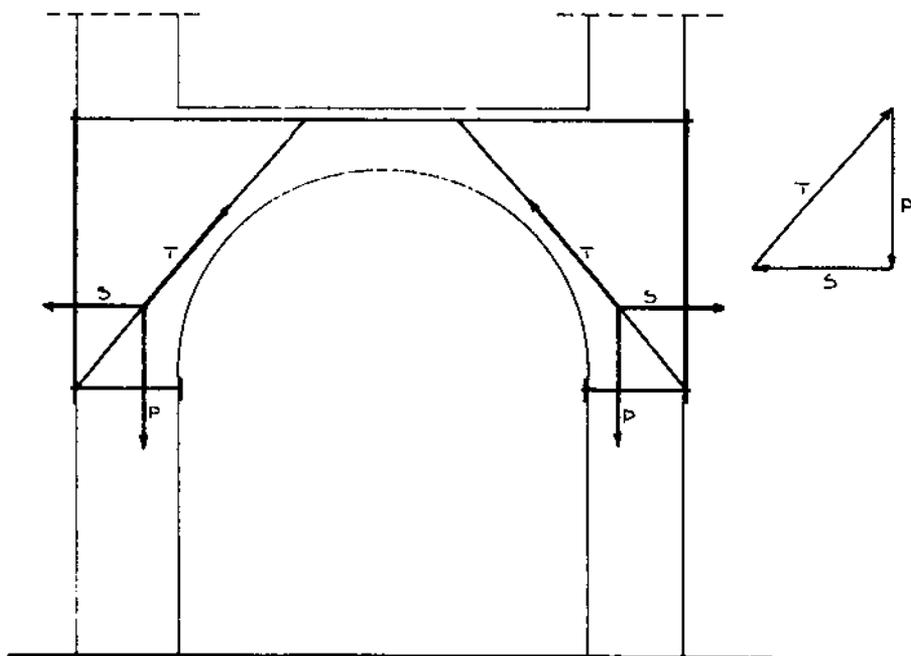


Fig. 8. Catena estradossata : schema di armatura.

Le catene, se ubicate correttamente, possono essere messe in tensione con procedimenti « a caldo » o « a freddo ». In merito, è opportuno sottolineare la necessità di una estrema prudenza nel fissare il valore dello sforzo di trazione cui sottoporre la catena : il calcolo della spinta spesso risente di possibili approssimazioni « a vantaggio di stabilità » che comportano un aumento del valore calcolato. Se ciò non costituisce problema all'atto della verifica, risultando il calcolo più prudente, diversa è la situazione quando si voglia applicare lo stesso valore di trazione alla catena : si rischia cioè di applicare uno sforzo superiore a quello effettivo della spinta. Per tali motivi è opportuno che lo sforzo di trazione T sia un'aliquota della componente orizzontale calcolata, quella cioè necessaria a riportare la risultante all'interno del nocciolo centrale d'inerzia della sezione interessata, con $\sigma_{\max} < \sigma_{am}$.

Il tiraggio può avvenire a caldo o a freddo. In quello a caldo è necessario determinare il ΔT , sufficiente per assorbire la sforzo T . Detto ΔT il salto termico, Δl l'allungamento ($l-l_0$), α il coefficiente di dilatazione lineare

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{l_0(1 + \Delta T) - l_0}{l_0} = \alpha \Delta T \quad \text{ma anche } \varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{T}{E\omega}$$

$$\text{da cui } \alpha \Delta T = \frac{T}{E\omega} \quad \text{e quindi } \Delta T = \frac{T}{\omega \varepsilon \alpha}$$

Il tiraggio a freddo si esegue mediante i giunti di trazione. Il valore dello sforzo T di trazione (espresso in Kg.) si ottiene, utilizzando la teoria delle corde sonore :

$$n = \frac{1}{2lr} \sqrt{\frac{2T}{\pi p}} \quad (*)$$

dove T è funzione di :

l lunghezza del tirante in cm.

r raggio del tirante in cm.

g accelerazione di gravità (981 cm./sec.)

p peso specifico in Kg/cm³ (= 0,00786 kg/cm³ per l'acciaio)

n numero delle oscillazioni al secondo

Per i tiranti tondi

$$T = \pi r^2 T$$

La (*) diventa quindi, sostituendo i valori numerici soprariportati e quello di T :

$$n = 176,644 \frac{\sqrt{\alpha}}{l}$$

con σ tensione interna espressa in kg/cm², l lunghezza del tirante espressa in cm.

La cerchiatura di membrature murarie (spesso di sezione quadrata o circolare) soggette a fenomeni di schiacciamento costituisce una forma molto efficace di presidio : infatti, impedendo o quanto meno ostacolando la dilatazione trasversale, essa fa crescere di pari passo la resistenza alla compressione longitudinale dell'elemento strutturale da presidiare.

In generale l'armatura è realizzata con prefabbricati di ferro ad L negli angoli e fasce di ferro piatto orizzontali : quando la distanza tra gli angolari è notevole, è opportuno dimezzarla con interposizione di tiranti messi in opera in fori passanti, colleganti le fasciature presenti sulle facce opposte della membratura. Per il calcolo delle sollecitazioni cui la cerchiatura è soggetta, si deve tener conto anche della dilatazione che essa subirà nel passaggio inverno-estate e viceversa, specie se è posta all'esterno e quindi interessata da forti escursioni termiche. Di conseguenza bisognerà valutare lo stato di coesione nelle due diverse stagioni e verificare che siano compatibili con la resistenza del materiale. Un tipo particolare di cerchiatura si realizza avvolgendo la colonna con una spirale realizzata con tandino di ferro di piccolo diametro. Essa non può essere applicata a caldo per cui entra in azione solo dopo un ulteriore cedimento della colonna ed è utilizzata quando è necessaria una cerchiatura pressochè continua.

Le tirantature costituiscono un capitolo di particolare interesse per le opere provvisorie : esse infatti consentono di affrontare situazioni che per i più vari motivi (notevole altezza degli immobili, spazi limitati intorno ad essi, particolari condizioni di tipo morfologico, urbanistico ed edilizio al contorno) risulterebbero altrimenti difficilmente risolvibili e comunque di notevole costo. Tentare di fare una casistica di tali interventi è impresa ardua in quanto, come per le puntellature, ogni caso è da studiare singolarmente, per cui infinite possono essere le varianti ; più opportuna appare invece la

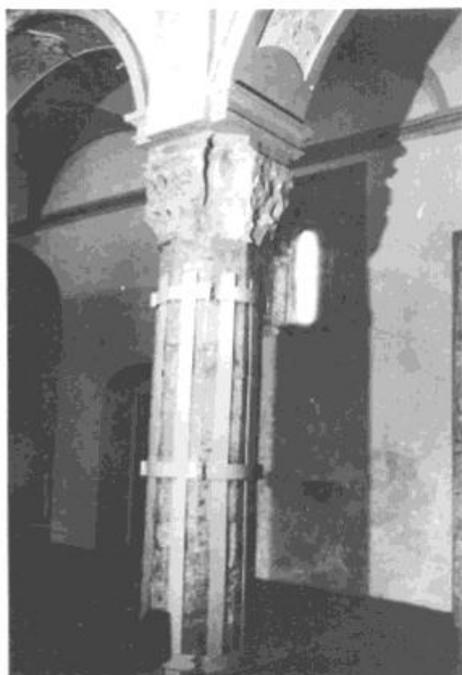


Foto n. 2. Cerchiatura di una colonna soggetta a fenomeni di schiacciamento.

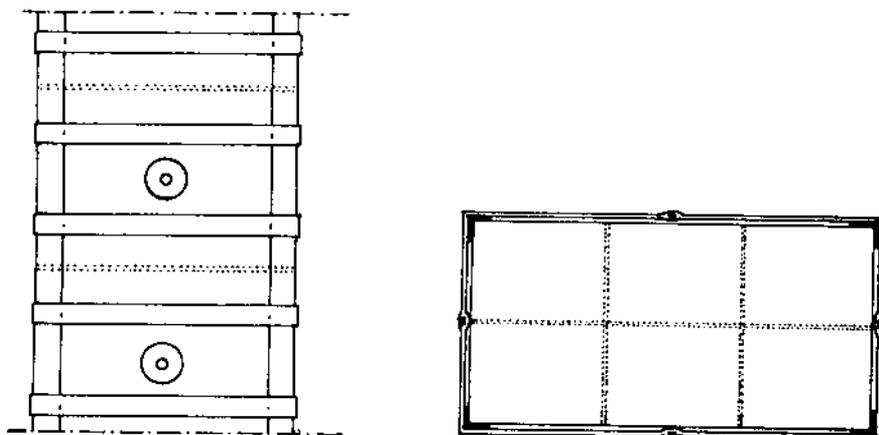


Fig. 9. Schema di cerchiatura di un pilastro rettangolare.

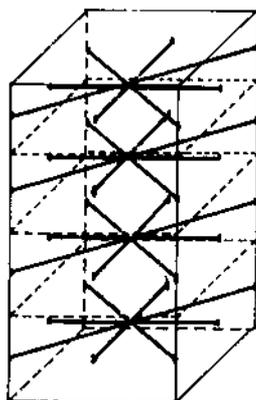


Fig. 10. Cerchiatura di un pilastro quadrato mediante tirantini.

sistemizzazione per tipologie degli schemi di tirantatura di tipo più diffuso, con l'evidenziazione delle specifiche caratteristiche e degli accorgimenti da adottare :

- tirantature di interi corpi di fabbrica al fine di ottenere una vera e propria « cerchiatura » : tale sistema utilizzato per presidiare torri o comunque fabbricati in cui lo sviluppo planimetrico sia limitato nei confronti dell'altezza, è caratterizzato dalla posa in opera di angolari metallici, collegati tra loro da ferri piatti di opportuna sezione, il cui effetto, combinato, ove necessario, alla posa in opera di incastellature interne di irrigidimento, è quello di rendere monolitico l'intero immobile ;
- tirantature di pareti strapiombate o soggette comunque a fenomeni di rotazione : tale risultato, che ovviamente potrà essere raggiunto solo quando vi sia un'altra parete o un'altra parte di fabbricato con cui rendere solidare quella da tirantare, sarà conseguito mediante posa in

opera di due reticoli di travi esterne sulle murature, collegate da cavi di acciaio ; nei casi più gravi potrà farsi ricorso ad una doppia incastellatura (interna ed esterna) delle murature stesse, che ne bloccheranno ogni eventuale seppur lieve modifica geometrica. Anche in questi casi, ove non vi siano muri trasversali, dovrà procedersi all'esecuzione di opportuni diaframmi in legno o tubi innocenti, che fungono da puntoni ;

- tirantature con coppie di cavi, disposti all'interno ed all'esterno di una muratura, collegati a piastre metalliche, messi leggermente in tensione. Tale intervento, se realizzato con le dovute cautele e comunque sempre in vicinanza degli orizzontamenti, può costituire oltrechè un'ottima opera di presidio, anche un'opera di vero e proprio restauro di facile esecuzione e di costo limitato.

In tutti i casi è di fondamentale importanza garantire la ripartizione dei punti di appoggio e di ancoraggio mediante dormienti (tavole o travi) e disporre i tiranti preferibilmente in corrispondenza di setti trasversali con sviluppo sia orizzontale che verticale : in generale sarà sufficiente tendere semplicemente i cavi evitando, però, l'applicazione di forze orizzontali.

Gli speroni ed i contrafforti, in generale, sono realizzati in muratura e in calcestruzzo armato : essi non abbisognano di molte spiegazioni, in quanto ricadono nel più ampio capitolo delle costruzioni in muratura sia sotto il

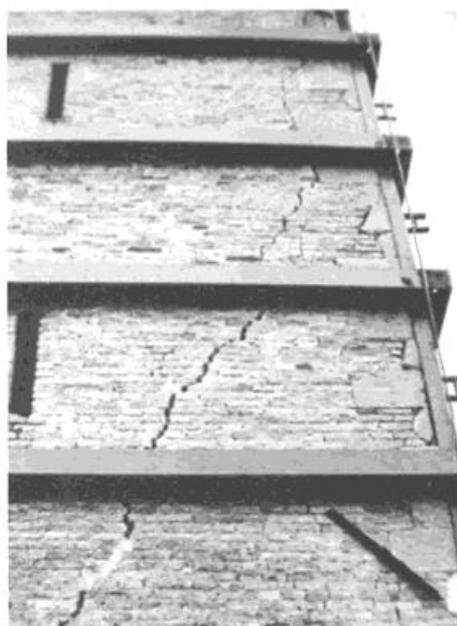


Foto n. 3. Cerchiatura di una torre gravemente lesionata mediante profilati metallici.



Foto n. 4. Tirantatura di un corpo di fabbrica le cui murature sono soggette a ruotare verso l'esterno.

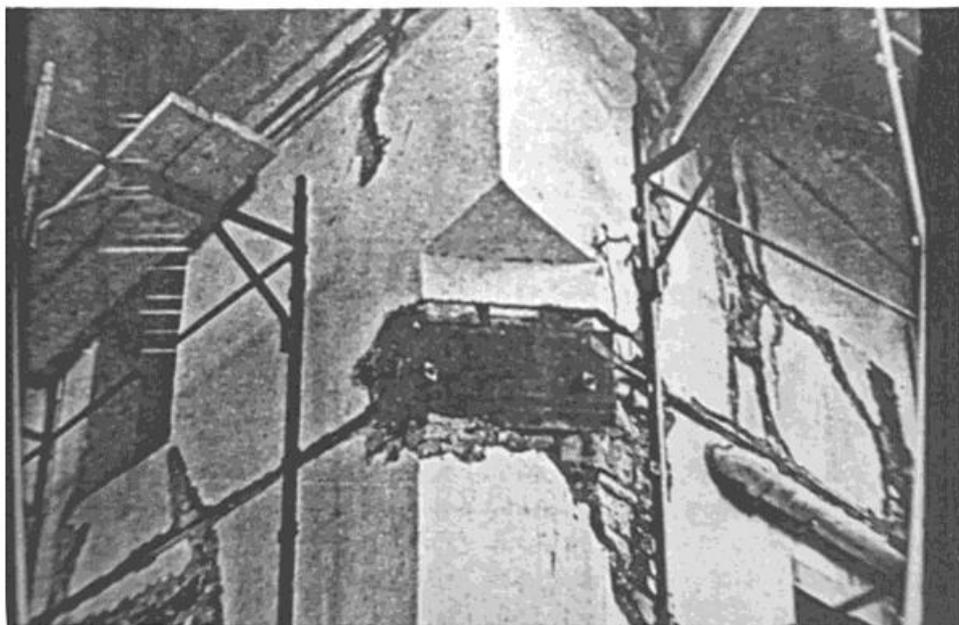


Foto n. 5. Particolare della piastra di ancoraggio di un intervento di tirantatura.



Foto n. 6. Disordinate ma efficaci opere di presidio, la chiesetta è interamente puntellata e protetta dagli agenti atmosferici.

profilo tecnico-costruttivo sia sotto quello, più specifico, della verifica, trattandosi in sostanza di elementi murari soggetti a presso-flessione, con procedimento di calcolo, quindi, identico a quello di un muro di sostegno.

Opere provvisionali in zona sismica

Le considerazioni già svolte in linea generale restano pienamente valide anche per le opere provvisionali da eseguire su edifici danneggiati da eventi sismici, ma con alcuni ulteriori problemi, connessi con il tipo di dissesto e con la possibilità dell'immediato ripresentarsi della causa scatenante il dissesto stesso. Tale possibilità, fra tutte, è quella che determina la specificità dell'intervento provvisoriale in zona sismica : per tali opere, infatti, non sarà sufficiente considerare l'edificio nelle sue normali condizioni statiche, ma bisognerà prevederne il comportamento in fase dinamica in maniera che l'intervento risulti efficace anche ed in specie in tale situazione. La mancata valutazione del comportamento dell'edificio da presidiare in fase dinamica è tanto più grave ove si pensi al pericolo rappresentato dalle opere provvisionali che, se non correttamente eseguite, possono trasformarsi in « arieti » divenendo esse stesse causa di ulteriori dissesti. A rendere più complesso l'intervento di presidio su edifici danneggiati dal sisma deve poi aggiungersi la necessità di operare con urgenza e contemporaneamente su un notevole numero di edifici : il che pone obiettive difficoltà operative, dall'approvvigionamento dei materiali ad una sempre maggiore complessità dell'intervento. L'insieme di tali considerazioni spiega la particolare delicatezza di tali opere di presidio e la loro importanza ; non v'è dubbio, infatti, che proprio nelle prime settimane dall'evento calamitoso si effettuano di fatto le scelte che, specie per i fabbricati più antichi e per i centri storici, determinano poi l'effettiva possibilità di un loro recupero. Peraltro, la gravità delle distruzioni spesso porta alla radicalizzazione di intenti e di proposte : spesso, specie nella prima fase, la necessità di fare presto per tentare di salvare vite umane e la volontà di ridurre i già notevoli pericoli cui sono soggette le squadre dei soccorritori, possono portare a proposte radicali quali la demolizione totale e lo sgombero delle macerie, con il triste risultato della cancellazione di qualsiasi testimonianza del passato, recente o remoto, di un popolo o di una città. Nè vale a tal proposito l'esperienza che possiamo trarre dal passato : il grande divario tecnologico che divide la nostra epoca da tutte quelle che l'hanno preceduta, l'uso di tecniche costruttive del tutto nuove nei confronti dei vecchi edifici in muratura, i nuovi sistemi e mezzi costruttivi, non consentono infatti quello *spontaneo ma lento processo di recupero* e di riutilizzazione che ha caratterizzato, nei secoli passati, la rinascita di tante città più o meno gravemente danneggiate dai terremoti. Al contrario di quello che accade oggi, infatti, la città, tornando lentamente a vivere, poteva maturare « naturalmente » le sue scelte per una società in lenta evoluzione, caratterizzata da valori e problemi ancora sostanzialmente simili a quella della città distrutta.

Oggi non è possibile ; le distruzioni acquiscono le tensioni sempre presenti quando si tratti del recupero di vecchi organismi edilizi o dei centri antichi favorendo i sostenitori delle soluzioni « radicali », col risultato, di fatto, di impedire che la comunità possa consapevolmente maturare le proprie scelte. Da qui discende la particolare importanza della tempestività e della corretta realizzazione delle opere provvisoriale, capaci di evitare un ulteriore progressivo e celere decadimento di organismi edilizi già duramente provati dagli eventi. Per inciso è bene sottolineare che quanto di seguito esposto riferito alle opere di presidio da eseguire dopo un terremoto, resta valido anche per qualunque intervento provvisorio da eseguire su edifici siti in zona sismica.

Sul sistema di esecuzione delle puntellature, in generale da realizzare in ferro o legno o comunque con i materiali più facilmente disponibili in loco (al limite anche utilizzando quelli rinvenuti dal crollo o dalle demolizioni di altri edifici), basterà dare alcune indicazioni di massima facendo anche riferimento a quanto già trattato in via generale. Primo e più importante adempimento da compiere è lo studio dei dissesti determinatisi, la cui esatta interpretazione è fondamentale per la predisposizione delle opportune opere di presidio : studio, che dovrà in genere portare alla redazione di un vero e proprio progetto delle opere di presidio. In linea generale e una volta acquisita tale conoscenza, nel procedere ai puntellamenti si dovrà aver cura di :

- distribuire sempre l'azione esercitata dai puntoni su una superficie più o meno ampia con l'interposizione di dormienti orizzontali e verticali ;
- disporre le puntellature in corrispondenza delle murature trasversali in modo da rendere impossibile ogni movimento reciproco delle singole strutture e quindi anche il temuto funzionamento ad « ariete ». In caso di mancanza di tali strutture trasversali si dovrà far ricorso ad apposite puntellature in maniera da rendere solidali i muri prospicienti ;
- murare le finestre che per le loro dimensioni o per la loro posizione possano contribuire a rendere meno omogenea e resistente la struttura : i porticati di piano terra, quindi, che rappresentano, per gli edifici di qualsiasi tipo di struttura, la parte più vulnerabile, debbono essere in genere presidiati ;
- demolire quelle parti della struttura, completamente fatiscenti, il cui collasso spontaneo potrebbe provocare una successione di crolli a catena. Si ricordi infine che quando le parti interessate dalla demolizione facciano parte di complessi monumentali, è spesso necessario procedere allo smontaggio ed accatastamento dei singoli pezzi, previa numerazione dei conci e rilievo anche fotogrammetrico della parte interessata, per garantire il rimontaggio dei pezzi nella loro originaria posizione ;
- procedere alla salvaguardia immediata, per quanto possibile, delle strutture dissestate, in particolare di quelle in muratura, dall'azione distruttiva degli agenti atmosferici, specie dell'acqua meteorica, non meno pericolosa, nel tempo, dello stesso sisma.



Foto n. 7. Opere di presidio dell'intera via Bini a Gemona.



Foto n. 8. Opere di presidio in una via di Venzone risultate insufficienti.

Esemplificazioni

Si è già detto che i fabbricati di più vecchia data di costruzione e più in generale quelli costituenti i centri storici rappresentano, nell'eventualità di un terremoto, le parti più vulnerabili della città. Quando i dissesti interessano un numero più o meno grande di edifici adiacenti, le opere provvisorie non possono essere eseguite in relazione solo allo stato dei singoli fabbricati ma debbono anche essere coordinate tra loro, al fine di consentire alle diverse strutture un comportamento sincrono. Per tutti valga l'esempio di via Bini a Gemona ove la completa tompagnatura dei porticati di piano terra e le puntellature dei fabbricati prospicienti detta via, ne ha consentito la conservazione: le puntellature, eseguite indiscriminatamente lungo tutta la strada, mettendo in contrasto le pareti degli edifici ai due lati della stessa, vietano loro ogni possibilità di movimento trasversale, mentre le oscillazioni longitudinali sono di per sé impedito dalla continuità degli edifici. Si noti infine la cura posta nel tentativo di interessare le più ampie parti delle strutture murarie ricorrendo a reticoli di dormienti orizzontali e verticali sui cui nodi si appoggiano i puntoni. Completamente diverso il caso di una operazione simile compiuta a Venzone, dove la puntellatura, sufficiente forse, ad esercitare la sua azione di presidio in condizioni normali, non fu più tale quando si aggiunsero le sollecitazioni trasmesse dalle nuove scosse per la precarietà dello stato di conservazione delle murature che richiedeva una ben più diffusa opera di presidio.

Di seguito si analizzano esemplificatamente alcuni interventi di presidio, eseguiti nel Friuli a seguito degli eventi sismici del 1976.

Duomo di Venzone

Si è proceduto alla puntellatura, mediante profilati di ferro di idonea sezione, dei pochi resti delle membrature murarie ancora in piedi, eseguita previa cerchiatura degli stessi. La scelta del ferro è stata originata evidentemente dai lunghi tempi tecnici prevedibili prima dell'inizio della fase operativa per il definitivo recupero dei ruderi e della conseguente necessità di consentire la visita dei pochi resti riducendo al minimo l'ingombro delle opere provvisorie.

Duomo di Gemona

I danni subiti (crollo della navata laterale destra e relative cappelle, rotazione in avanti del prospetto principale, schiacciamento al piede delle colonne e deformazioni macroscopiche di tutte le pareti longitudinali), la particolare snellezza delle strutture ed in lunghi tempi per il restauro imponevano la progettazione di opere di presidio di grande impegno sotto il profilo statico ma anche particolarmente studiate sotto il profilo della « durata » e, persino, dell'aspetto « architettonico ». Per il prospetto principale quindi, si è progettato la sua integrale puntellatura con travi in legno o

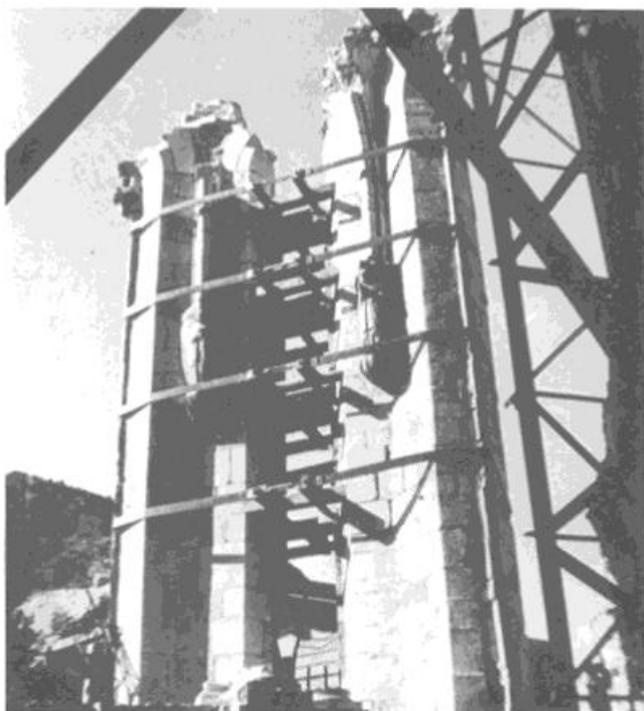
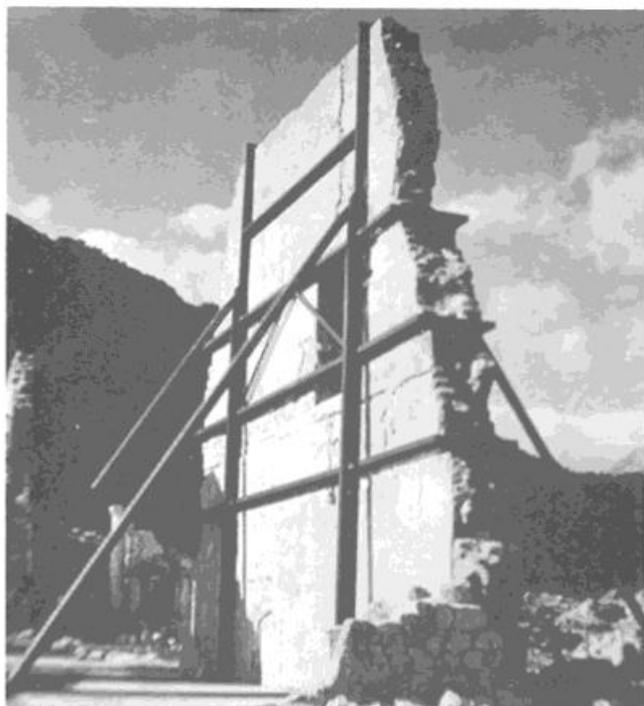


Foto n. 9-10. Puntellature con profilati metallici dei resti del Duomo di Venzone.

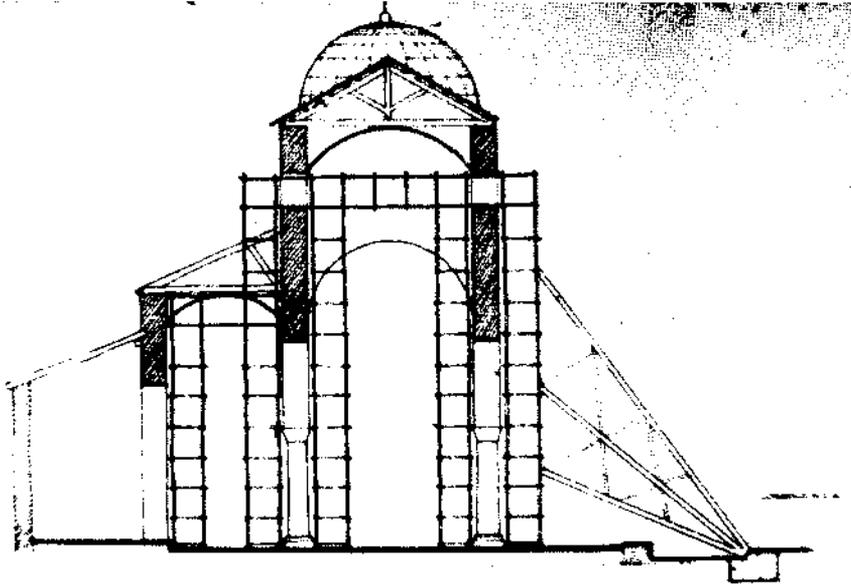


Foto n. 11. Duomo di Gemona : schema puntellature-sezione trasversale.

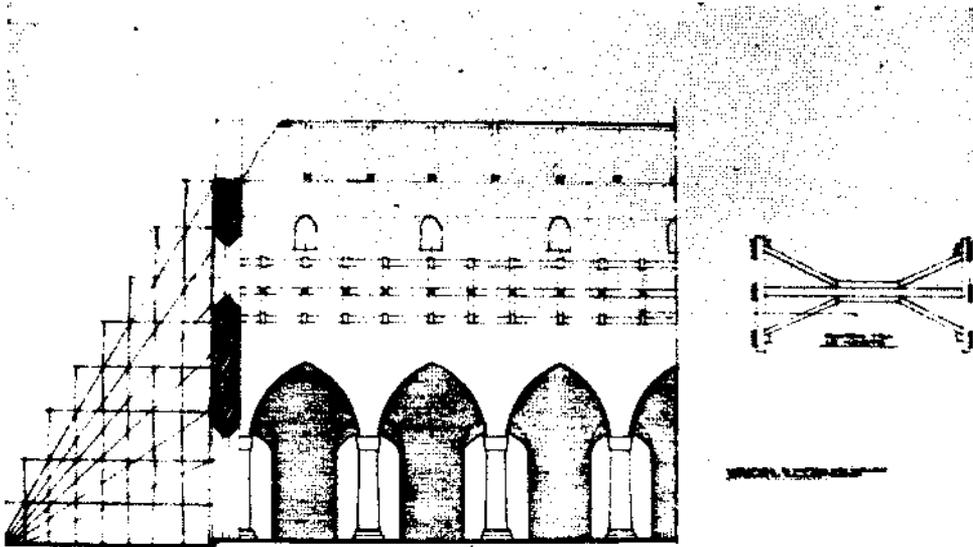


Foto n. 12. Duomo di Gemona : schema puntellature-sezione longitudinale.

ferro contrastanti le murature per mezzo di dormienti costituiti da tavole, irrigidite e contrastate da due contrafforti posti in corrispondenza dei muri longitudinali delimitanti la navata centrale. Inoltre una incastellatura in tavole di legno riempita di polistirolo proteggeva le statue che ornano il prospetto principale dall'eventuale caduta di qualche concio. Per le opere di presidio delle murature della navata centrale, considerando che esse avrebbero dovuto portare l'intero carico nell'ipotesi, estremamente probabile, che, al momento del restauro, fosse necessario procedere alla sostituzione dei conci di pietra non recuperabili al piede delle colonne, nonché al loro ricollocamento a piombo, furono progettati tra colonna e colonna dei setti murari realizzati con fodera esterna di mattoni e nucleo di calcestruzzo ciclopico tenuti staccati dalle colonne di circa un metro in maniera da consentire qualsiasi operazione intorno ad esse. Con intervalli di un metro



Foto n. 13. Duomo di Gemona : navata centrale.



Foto n. 14-15. Duomo di Gemona : la navata laterale destra prima e dopo le opere di presidio delle arcate longitudinali.

di altezza, inoltre, si prevede l'interruzione del getto con tre filari di mattoni occupanti l'intera superficie di base al fine di predisporre delle sezioni di minore resistenza da demolire con facilità all'atto dello smontaggio. È appena il caso di notare infatti che, in caso contrario, tale operazione sarebbe stata estremamente difficoltosa oltretutto pericolosa, per le strutture murarie restaurate, per le imprevedibili sollecitazioni cui sarebbero state, sia pure indirettamente, soggette. L'intervento era infine completato da una doppia serie di incastellature poste ai lati di ciascun colonnato collegate tra loro in maniera da costituire l'indispensabile irrigidimento trasversale, contraffortate da puntellature sul lato destro destinato a ricostituire una almeno parziale simmetria della struttura dell'organismo edilizio.

Duomo di Spilimbergo

Danneggiato ma non in modo grave, il Duomo è stato oggetto di un intervento di presidio consistente nella puntellatura della facciata principale e di quella laterale sinistra. In corrispondenza della torre campanaria (motivo di grave dissimmetria e quindi probabile causa dei dissesti riscontrati) si prevede la realizzazione di opere di presidio disposte in senso trasversale, in maniera da rendere il complesso solidale col campanile, in previsione del possibile ripetersi dell'evento sismico.

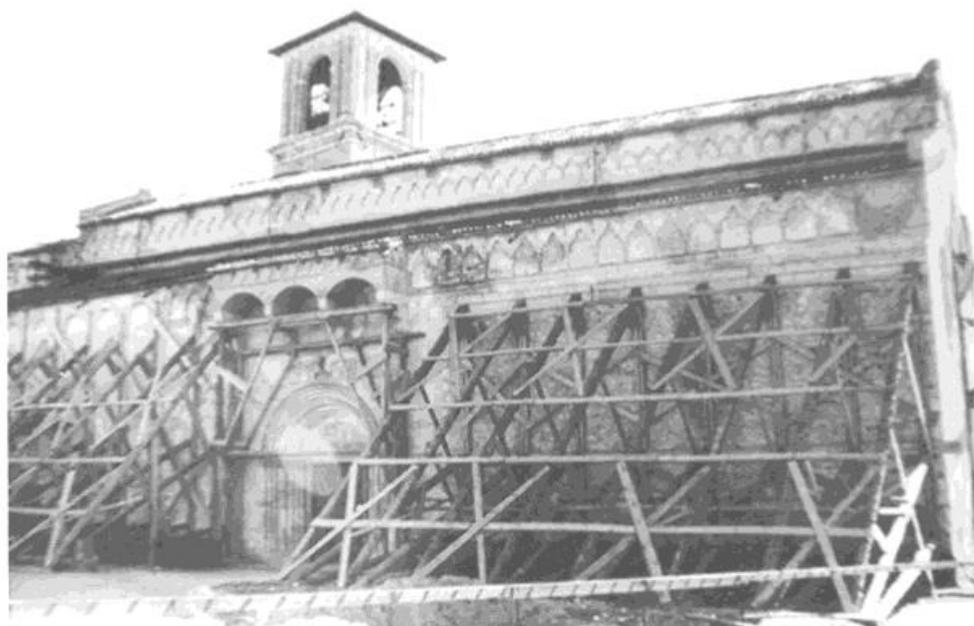


Foto n. 16. Duomo di Spilimbergo : puntellatura diffusa della parete laterale sinistra.



Foto n. 17. Duomo di Spilimbergo : centinatura della l'arcata laterale sinistra in corrispondenza del puntello esterno.



Foto n. 18. Municipio di Venzon : la torre dell'orologio in equilibrio instabile dopo il terremoto.

Municipio di Venzone : smontaggio della torre dell'orologio

Lo smontaggio della Torre dell'orologio del Municipio di Venzone rappresenta certamente un caso limite, ma non per questo meno interessante, degli interventi di presidio propedeutici ai lavori di restauro propriamente detti.

I danni che esso aveva subito erano notevoli : in particolare la torre, tranciata alla base, era ricaduta sulle murature sottostanti restando in equilibrio instabile su di esse con un aggetto di circa cm. 80 dal filo della

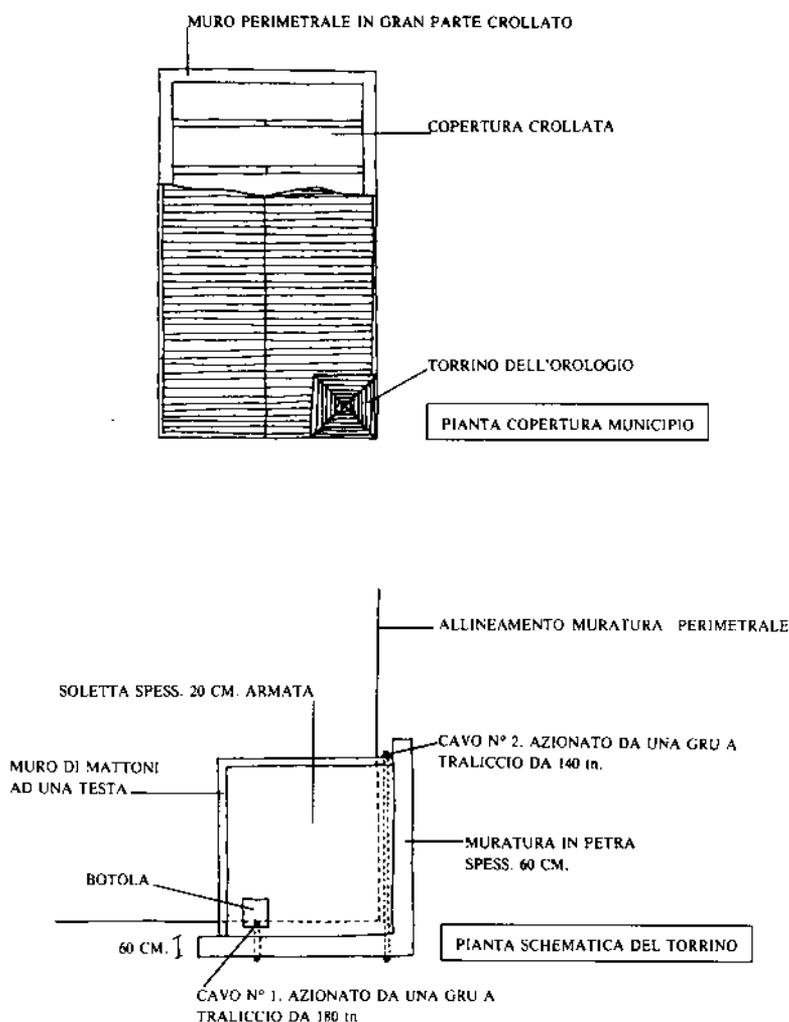


Foto n. 19. Municipio di Venzone : pianta delle coperture e schema della disposizione dei cavi per il sollevamento della torre dell'orologio.

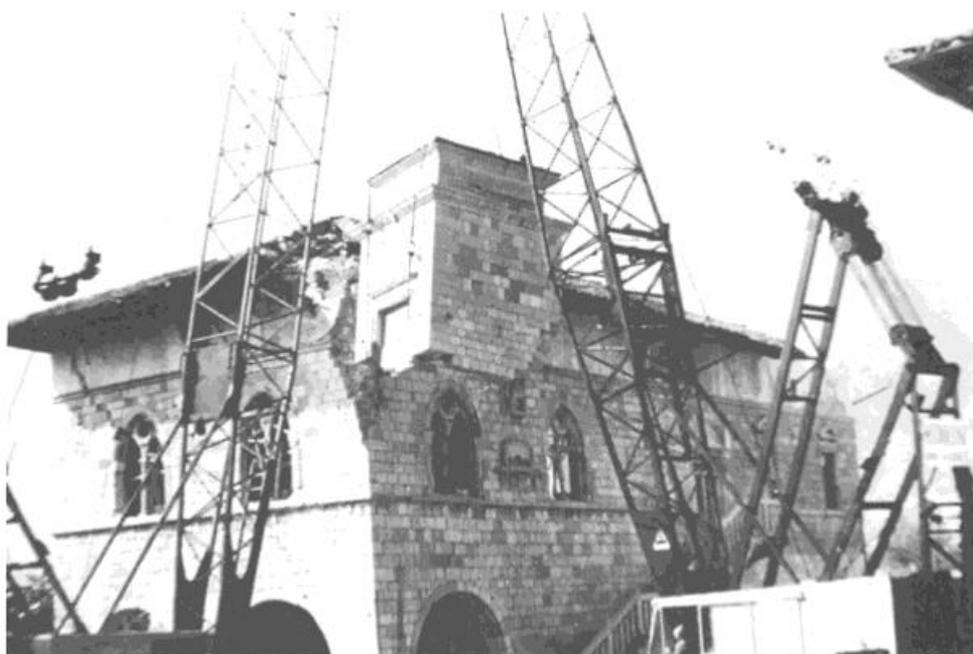


Foto n. 20-21. Municipio di Venzone : la torre dell'orologio nel corso delle operazioni di smontaggio e ad intervento concluso.

muratura. La torre risultava costituita da muratura in pietra dello spessore di cm. 60 lungo i lati affaccianti su strada, da una soletta di base a sbalzo da detti muri nella quale era presente la botola per l'accesso e da altri due muri in mattoni ad una testa lungo i lati non visibili dalla strada; la copertura, a tetto, era realizzata con travi in legno ed embrici. La precarietà di tale situazione, col pericolo di una sempre possibile caduta, parziale o totale, della torre, imponeva prima di qualsiasi altro intervento di restauro, il suo smontaggio. Al sistema tradizionale di procedere alla puntellatura ed al suo smontaggio in situ, per le notevoli incognite ed i rischi che detta operazione comportava, si preferì optare per il sollevamento, mediante imbracatura, dell'intera torre e per il suo deposito a terra. Quest'ultima soluzione, ancorchè apparentemente più complessa o comunque meno usuale, presentava i seguenti vantaggi:

- maggiore celerità dell'intervento: l'intera operazione non avrebbe superato i due o tre giorni al massimo, mentre la fase più delicata della traslazione del campanile sarebbe stata limitata a poche ore;
- notevole grado di sicurezza in quanto gli operai avrebbero sempre operato dall'interno di cestelli portati dalle gru;
- costo relativamente limitato e comunque non superiore a quello rinveniente dal sistema più tradizionale.

Tenuto conto che il peso complessivo della torre si aggirava intorno alle 60-70 tonnellate si fece ricorso a due gru del tipo a traliccio della portata rispettivamente di 80 e 140 tonn., oltrechè ad una terza gru di tipo telescopico per le operazioni di servizio e di aggancio cavi: le figure illustrano la posizione dei due cavi portati dalle gru nel corso delle operazioni di traslazione e deposito della torre su una incastellatura costituita da travi di legno e sabbia all'uopo predisposta.

Giambattista DE TOMMASI

Professore associato di « Restauro degli Edifici »
Facoltà di Ingegneria Bari
Viale della Repubblica, 71
I - 70100 BARI

BIBLIOGRAFIA

- Archivio e fototeca Soprintendenza per i Beni AA.AA.AA.SS. per il Friuli-Udine.
Archivio e fototeca Soprintendenza per i Beni AA.AA.AA.SS. per la Puglia-Bari.
CIGNI, G., *Consolidamento e ristrutturazione dei vecchi edifici*, Roma, Edizioni Kappa.
FIENGO, G., *Diagnosi dei dissesti e consolidamento degli Edifici*, Napoli, E.S.I.
L'Industria Italiana del Cemento: N° 6 — giugno 1977
N° 3 — marzo 1978

- L'Industria delle Costruzioni* : N° 56 — maggio 1976
 N° 58 — luglio-agosto 1976
 N° 62 — dicembre 1976
 N° 63 — gennaio 1977
 N° 84 — ottobre 1978
- MASTRODICASA, S., 1978, *Dissesti statici delle strutture edilizie*, Milano, Hoepli editore.
- NIZZI GRIFI, L., 1981, *Restauro statico dei monumenti : diagnosi e consolidamento*, Firenze — Alinea ed. s.c.l.
- Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia : *Prescrizioni per l'edilizia nelle zone sismiche. Esempi di intervento per la riparazione ed il rafforzamento antisismico degli edifici.*
- RUSSO, C., 1947, *Le lesioni dei fabbricati*, Torino, Unione tipografica — Editrice Torinese.