

Demolizioni speciali in conseguenza di un terremoto

Tra i fatti conseguenti di un terremoto sono lo studio e l'analisi delle demolizioni di manufatti di notevole entità strutturale.

Per es. la demolizione di un edificio monumentale a struttura mista (muratura e c.a.) del volume di 15.000 metri cubi.

La demolizione è stata preceduta da una analisi approfondita della tipologia strutturale dell'opera, analisi che ha messo in luce i criteri costruttivi adottati e le modifiche e le alterazioni succedutesi nel tempo.

Interessante è stata l'osservazione del comportamento durante il sisma, che ha messo in luce, sia pure qualitativamente, la distribuzione delle forze dinamiche sulla cui entità hanno certamente influito le forme strutturali stesse, i vincoli, la resistenza dei materiali e le preesistenti condizioni di stabilità.

La struttura da demolire è stata portata in situazione di precarietà controllata durante la quale in alcuni casi è stato possibile effettuare misure di forze e quindi rilevare tensioni di rottura e indicazioni sulle resistenze residue di alcune membrature.

Si ritiene che le descrizioni delle tecniche di Demolizione, lo studio e la determinazione degli equilibri in atto e soprattutto la conseguente scelta del procedimento di abbattimento, tra i vari che si presentavano possibili, possa avere interesse tecnico-scientifico.

1.0 - Demolizione della casa comunale di Baronissi

1.1 - Descrizione della costruzione e degli spazi circostanti.

Il palazzo adibito a sede del Comune di Baronissi fu innalzato su progetto degli Architetti Villani e Bologna tra il 1857 e il 1887 in stile accademico neoclassico (fig. 1).

L'opera era stata sopraelevata all'inizio del secolo una prima volta; successivamente la sopraelevazione veniva rielaborata con struttura in c.a. all'inizio degli anni 70.

In definitiva il palazzo veniva a configurarsi con un volume di 15.000 m³ circa, vuoto per pieno, e si presentava con pianta trapezoidale avente basi di 14,50 m e 26,50 m e con lunghezza di 37 m; l'altezza totale era di 19 m (figg. 2 e 5).

Il piano terreno era alto 7,90 m e presentava archi e volte massicce di tufo giallo; il piano intermedio, in tufo grigio, aveva una altezza al cornicione di 7,5 m ed era coperto quasi nella sua totalità da solaio a putrelle di ferro e laterizi; l'ultimo piano di 3,60 m presentava al contorno una trave Vierendel non omogenea in c.a. e, superiormente, una soletta in laterocemento nervata; esisteva inoltre un muro trasversale intermedio pure in c.a. mentre tutti gli altri muri erano costituiti dal tufo della 1^a sopraelevazione e da nuovi tramezzi e solette tutti variamente modificati anche con l'inserimento di elementi in c.a.

L'ubicazione dell'edificio rispetto agli spazi e alle strutture circostanti si presentava come segue (figg. 3 e 4):

- per i lati Sud e Ovest con allaccio su strada ristretta (sezione ca. 4,40 m) con fabbricati lesionati;
- per il lato Est lungo la strada di maggior ampiezza (circa 8 m, SS. n. 88, con prospicienti edifici lesionati);
- per il lato Nord su una piazzetta con fontana al centro.

1.2 - Effetti del terremoto.

Il palazzo per effetto del terremoto aveva subito una serie di sollecitazioni orizzontali di ampiezza maggiore al livello della sopraelevazione in c.a. e minore al piano terreno.

Il piano terreno più massiccio aveva reagito aprendosi e chiudendosi, soprattutto lungo i

possibili piani di simmetria, con il taglio, specie in chiave, delle volte e degli archi; solo alcune volte si erano lesionate più diffusamente sul lato sud dove presentavano minor simmetria.

Al cessare dell'applicazione delle forze orizzontali il piano terreno si era fermato prima della sopraelevazione, che aveva continuato ad oscillare mantenendosi monolitica.

Da quanto esposto appare evidente che la morfologia e la tipologia delle strutture dell'edificio erano talmente eterogenee da fornire risposte sismiche estremamente imprevedibili ma indubbiamente negative per le interazioni non facilmente valutabili tra i vari elementi strutturali e tra quelli non strutturali.

Inoltre l'accostamento di materiali diversi di assai differente comportamento elastico e con frequenze di vibrazione diverse ha dato luogo alla situazione più negativa in termini di stabilità globale.

Indubbiamente il piano superiore in c.a., essendo molto rigido, non ha potuto subire deformazioni apprezzabili e tanto meno compatibili con quelle delle strutture inferiori riducendo la possibilità di dissipare energia e penalizzando i piani sottostanti concentrando gli sforzi.

In queste condizioni il piano intermedio, tra l'altro costituito da tufo meno consistente, aveva assunto le funzioni di cerniera subendo sollecitazioni di taglio, di torsione e di compressione con rotture per concentrazione di carico nei maschi murari soprattutto tra le finestre del perimetro (figg. 6 e 7) e rotture diffuse sia nei muri perimetrali sia nei muri interni.

A queste rotture il piano superiore monolitico aveva in definitiva contribuito in maniera duplice con l'aumento delle sollecitazioni di pressoflessione per il suo peso messo in oscillazione e con contemporaneo effetto di cerchiatura.

L'edificio infatti soprattutto nei confronti della parete lato Sud aveva cercato di aprirsi con lo smembramento in due parti dei paramenti (fig. 8); lo stesso fenomeno avveniva anche al lato Nord ma in minor misura (si veda lo scoppio della inchiavardatura delle catene al 1° orizzontamento tra gli archi del portico di facciata).

1.3 - Provvedimenti di abbattimento.

L'edificio veniva esaminato da 6 commissioni che all'unanimità decidevano per l'abbattimento.

Il programma operativo di demolizione ha dovuto tener conto dello stato di rottura e di disgregazione parziale ed in alcuni punti totale del manufatto tale da far temere in fase operativa crolli parziali in grado di compromettere il programma stesso.

Le ipotesi sono state varie:

- 1^a ipotesi: sparo delle strutture - l'ipotesi è stata scartata per l'evidente pericolo dello sfiato delle cariche, il che avrebbe necessariamente portato a dover abbondare eccessivamente nel dosaggio dell'esplosivo e avrebbe richiesto un numero di fornelli tali da mettere in pericolo il personale durante la loro esecuzione.
- 2^a ipotesi: collassare i muri del piano intermedio facendoli crollare all'interno dell'edificio in modo da consentire alla sopraelevazione di funzionare come fosse il coperchio di una scatola e di scendere avvolgendo la struttura inferiore.
L'ipotesi, da rendere esecutiva tramite tiranti e martinetti idraulici, appariva impraticabile per l'inconsistenza anche differenziata dei corpi murari su cui agire.
- 3^a ipotesi: trasformazione del vincolo della sopraelevazione da elemento rigido ad elemento con cerniere verticali tramite dei tagli a forza per isolare il ferro ai punti nodali. Con questa nuova configurazione statica la sopraelevazione avrebbe dovuto, per collasso repentino degli appoggi sottostanti, essere in grado di assestarsi per settori senza provocare un dissesto globale per trascinarsi a causa della sua monoliticità.

I tagli sarebbero stati eseguiti con l'uso di macchina telescopica e cestello in modo da consentire agli operai l'accessibilità al luogo di lavoro rimanendo in condizioni di sicurezza; contemporaneamente da una rampa in terra da costruire fino a quota + 10 m si sarebbe agito con martellone idraulico su semovente cingolato mediante frantumazione

in avanzamento in via successiva dal lato Nord verso il lato Sud.

Questa ipotesi avrebbe richiesto demolizioni in tempi lunghi ed in luoghi non tutti accessibili con sicurezza nella fase di precarietà e avrebbe presentato l'alea di dover rinunciare in buona parte al contenimento dato dal piano superiore all'insieme dell'edificio e pertanto venne scartata.

- Ipotesi scelta: *Abbattimento inerziale controllato*.

In definitiva si decise di seguire una via concettualmente piuttosto semplice perché basata sui seguenti presupposti fondamentali:

- a) isolare nell'edificio i pilastri o maschi murari portanti nel piano intermedio in modo tale da orientare i collassi della struttura all'atto dell'abbattimento dei pilastri stessi;
- b) sfruttare via via il piano sommitale in c.a. come catena in modo da creare i movimenti inerziali delle masse superiori verso l'area antistante al manufatto, l'unica libera e sgombra;
- c) dare al piano inferiore costituente la base dell'edificio la funzione di mantenere nelle demolizioni una inerzia di volume, in modo che le masse superiori disarticolandosi avessero un braccio di leva il più ridotto possibile e diminuissero pertanto l'ampiezza del loro movimento in caduta.

Va ricordato che la difficoltà d'operare era accentuata dagli spazi ristretti laterali con possibilità di completa rovina degli edifici circostanti per lo spostamento dei materiali dalla loro sede in fase di abbattimento di soli 4,50 m; in particolare uno slittamento in avanti della sopraelevazione poteva portare all'impatto completo con gli altri edifici poiché la pianta della sopraelevazione stessa era posteriormente più larga degli spazi disponibili.

1.4 - Descrizione dell'abbattimento.

Prima operazione fu la creazione di uno spazio operativo sul fronte Nord con lo smontaggio della fontana esistente (fig. 6) e il riporto di un « materasso » di terra nelle strade adiacenti.

Si costruirono quindi 2 scalpelli in grado di agire sulla muratura e di disgregarla.

Questi scalpelli furono applicati sulla testata del braccio di un escavatore di 180 HP in modo tale da raggiungere rispettivamente le altezze di 20 e 15 m dal piano campagna mantenendo l'escavatore arretrata di circa 10 m dalla verticale della punta dell'utensile.

Gli scalpelli vennero azionati sia dal complesso dei pistoni idraulici che, se del caso, aiutati con la spinta dei cingoli.

Premesso che l'edificio presentava nei lati lunghi 7 finestre per parte e che la caduta doveva essere asimmetrica per non interessare gli edifici posti al lato Ovest, si incominciò l'operazione aprendo due squarci nelle pareti costituenti questi lati.

Gli squarci interessarono 2 finestre lato Ovest (fig. 9) e 3 lato Est (fig. 10). Si proseguì quindi dal lato Nord (fronte stretta dell'edificio) abbattendo il maschio murario, tra due delle tre finestre esistenti, portando così la sopraelevazione in stato di precarietà perché appoggiata solo agli spigoli anteriori.

A questo punto si agì sul pilastro posto dalla parte dello squarcio maggiore laterale in modo da orientare per inerzia la caduta verso l'unica area sgombra anteriore (fig. 10).

All'atto dell'indebolimento del pilastro, si innescò la caduta con la virtuale esplosione delle strutture e con cedimento repentino delle stesse secondo l'orientamento desiderato (figg. 11 e 12).

Le parti in c.a. furono in grado di dare lo strappo necessario a muovere circa 1/4 del volume superiore, non di più per la presenza nella parte centrale dell'edificio di una configurazione scatolare delle strutture.

I paramenti laterali si abatterono per quasi la metà.

Prima di iniziare le operazioni erano state poste nel corpo dei maschi murari centrali dell'edificio a lato dello scalone d'onore, quattro funi Θ 30 mm in modo da legare a laccio le strutture stesse

con l'intenzione, mettendo in tiro le funi, di tagliare i sostegni della parte centrale scatolare e provocarne il cedimento.

In effetti all'atto del tiro parte delle murature si tagliarono ma la struttura si deformò assestandosi debolmente.

Si riprese l'uso degli scalpelli in modo da isolare la parte centrale scatolata superiore e portarla a lavorare a sbalzo nonostante il maggior rischio. Portata la struttura in stato di appoggio e di lavoro precario, come era denunciato dal suo deformarsi e dai suoi scricchiolii, si agì con lo scalpello nell'angolo inferiore rompendone la rigidità di forma e provocandone il crollo repentino (fig. 13).

Il solaio superiore cadendo in avanti e rimanendo in parte appeso perché legato dai ferri, confortava nella probabilità della riuscita dell'operazione senza movimenti torsionali o ribaltamenti dal lato posteriore che, come detto, presentava le murature smembrate.

Proseguendo con gli scalpelli si demolì la parete trasversale centrale e quindi si portò di nuovo tutta la struttura a lavorare a sbalzo constatando che la stessa collaborava nel suo insieme e riusciva a stare su con circa 7 m d'aggetto (fig. 14).

Crollata questa parte e sempre con il conforto del tiro dato dal solaio superiore verso avanti, si proseguì con lo scalpello avanzando nella parte centrale.

La struttura ad un certo punto diede i segni della sua fase finale di vita con scricchiolii e piccoli crolli. Si avanzò allora decisamente con lo scalpello ben puntato sul punto più rigido esistente nel cuore del corpo di fabbrica.

All'affondamento rapido dell'utensile, la struttura superiore ruotò rigidamente verso avanti mentre iniziarono a scoppiare letteralmente tutti gli appoggi del piano intermedio a partire prima dal lato Est e proseguendo a quelli del lato Ovest (fig. 15); la struttura, scoppiati tutti i sostegni, si riequilibrava nell'aria durante la caduta mentre cedevano in buona parte anche gli appoggi del piano di base sicché tutta quanta si afflosciava su se stessa contenuta dalla robusta trave Vierendeel superiore in c.a. e venendo infine a giacere sulla sua proiezione e spostata dal lato presentante maggior spazio libero così come era nelle intenzioni (fig. 16).

1.5 - Note sugli stati limite di sollecitazione.

In alcune parti delle strutture, seppure ricadenti nelle condizioni esposte nei paragrafi precedenti, si è trovata una aliquota di resistenza che nei punti osservati, ancora apparentemente abbastanza integri, ha consentito la valutazione di alcuni ordini di grandezza delle sollecitazioni in fase di collasso.

Nella muratura di tufo grigio si è valutata una resistenza al taglio dell'ordine di $0,5 \text{ kg/cm}^2$ e a pressoflessione dell'ordine di 5 kg/cm^2 .

Negli archi e nelle volte in muratura di tufo giallo le osservazioni hanno consentito di affermare che cambiamenti della geometria degli archi per deformazione o rottura hanno portato gli stessi ad assumere forme adatte a resistere ai carichi fino a quando non si è formato un numero tale di cerniere da trasformare la struttura in un meccanismo per cui avviene il collasso.

In particolare si è tenuto sotto osservazione l'arco centrale dello scalone d'onore di luce netta 4,50 m e sezione in chiave di 1 m; l'arco era fortemente contenuto lateralmente e durante il sisma si era aperto in chiave e poi richiuso.

Durante le operazioni di abbattimento è stato soggetto a carichi tali da consentire una valutazione della resistenza a compressione residua nella zona di chiave dell'ordine di 40 kg/cm^2 . Resistenze minori hanno dato gli archi laterali dove risultava un maggior cedimento delle imposte.

1.6 - Conclusioni.

Il lavoro è durato, per i soli movimenti a scendere della struttura, 4 giorni; mentre considerando la preparazione e lo smarino si raggiunsero 12 giorni lavorativi (fine Marzo-inizio Aprile 1981). Non si dovettero lamentare danni di sorta a persone o a cose ad esclusione della rottura di due vetri e della sgraffiatura di una porta.

3.0 – Bibliografia.

- 1 - Binda L.: « Sul calcolo a rottura delle strutture murarie: profilo dello sviluppo storico », Atti e rassegna tecnica della Società Ingegneri e Architetti in Torino - A. 34 n. 10 Ottobre 1980.
- 2 - Croci G., Cerone M.: « Lo sviluppo dell'effetto arco nelle pareti in muratura », Ist. di Scienza delle Costruzioni dell'Univ. di Roma, pubblicaz. 255.
- 3 - Heyman J.: « The Stone Skeleton », Int. J. Sol. Struct., Pergamon Press, vol. 2, 1966.
- 4 - Heyman J.: « The Safety of Masonry Arches », Int. J. Sol. Struct., Pergamon Press, 1969.
- 5 - Isada M.: « Damage to structures due to floor shocks », Journal of the structural division - ASCE - febbraio 1971.
- 6 - Mastrodicasa S.: « Dissesti statici delle strutture edilizie: diagnosi e consolidamento », V edizione - Ed. Hoepli Milano.
- 7 - Pasta A.: « Interventi di restauro in zona sismica », ANCE, Roma 1981.
- 8 - Timoshenko S.P.: « History of Strength of Materials », Mc. Graw-Hill, 1953.

RIASSUNTO

L'articolo analizza le tecniche adottate per la demolizione di manufatti di notevole entità strutturale, irreparabilmente danneggiati dal terremoto del novembre 1980. In particolare, si riferisce sulla demolizione di un edificio monumentale a struttura mista (muratura e c.a.) del volume di 15.000 m³. Le operazioni di demolizione sono state precedute da un'analisi approfondita della tipologia strutturale delle opere, che ha evidenziato i criteri costruttivi adottati e le modifiche e le alterazioni succedutesi nel tempo. Le strutture da demolire sono state portate in situazione di precarietà controllata, che ha permesso lo studio e la determinazione degli equilibri in atto e soprattutto la conseguente scelta del procedimento di abbattimento.

CONTENTS :

The article examines the techniques used for the demolition of constructions of considerable size, damaged beyond repair by the November 1980 earthquake in Italy. In particular, the paper refers about a concrete and brickwork monumental building, with a volume of 15.000 m³. Demolition itself was preceded by a thorough analysis of the structural typology of the construction, pointing out the building criteria adopted and subsequent modifications. The structures to be demolished were brought to a state of controlled danger, enabling determination of the equilibrium and consequent choice of the pertinent demolition system.

SOMMAIRE :

L'article analyse les techniques adoptées pour la demolition d'ouvrages de remarquable errate structurelle, irréparablement endommagés par le tremblement de terre du novembre 1980. En particulier, l'on réfère sur la démolition d'un bâtiment ayant une structure mixte (brique et béton armé) de 15.000 m³ de volume. Les operations de demolition un été précédées par une analyse de la typologie de la structure des outrages, qui a souligné les procédés de construction adoptés et les succésites modifications et altérations. Les structures qui devaient être démolies out été mises en situation d'instabilité contrôlées qui a permis l'étude et la détermination des équilibres existants et surtout le choix du procédé de démolition.

INHALT :

Der Artikel analysiert die angewendeten Techniken fur die Demolierung von Bauwerken mit einer bedeutenden strukturellen Einheit, die unreparierbar vom Erdbeben des Novembers 1980 beschadigt worden sind. Ins Besondere, erlautert der Artikel die Demolierung eines gewaltigen

Gebäudes mit einer Struktur aus Mauerwerk and Stahlbeton und mit einem Volumen, von 15.000 m³. Den Niederreissungsarbeiten ist eine ausführliche Analyse über die strukturelle Art der Bauwerke vorausgegangen, die die angewendeten konstruktiven Kriterien sowie die Veränderungen, die sich im Laufe der Zeit ergeben haben, unterstrichen hat. Die zu demolierenden, Strukturen sind in einem kontrollierten Vorbelastungszustand gebracht worden, die erlaubt haben, das Gleichgewicht zu bestimmen und die daraus folgende Wahl für ein angebrachtes Demolierungssystem zu treffen.

Fonte : Internet