

IL RISCHIO SISMICO: L'IMPORTANZA DELLA SICUREZZA SISMICA DEGLI ELEMENTI IMPIANTISTICI E NON STRUTTURALI NELLE STRUTTURE CIVILI E INDUSTRIALI.

Prof. Ing. P. Petrella - Ing. G. Sciacca

(Professore associato Cattedra di "Progettazione impianti tecnologici", Dipartimento di Ingegneria Edile, Facoltà di Ingegneria di Napoli – Ingegnere civile, libero professionista, collaboratore della cattedra)

A) Aspetti generali e metodi di calcolo.

Le recenti esperienze vissute a seguito di eventi sismici dimostrano che sempre più spesso i danni subiti dagli impianti tecnici e più in generale dai componenti edilizi non strutturali rendono il patrimonio edilizio inutilizzabile anche se spesso integro nelle strutture.

Il danneggiamento degli impianti a seguito dei terremoti in una società ad alto contenuto tecnologico spesso può causare od innescare conseguenze più gravi di quelle direttamente provocate sulle strutture sia, sia in termini economico sociali che di vite umane.

Il nostro Istituto già in passato ha affrontato il problema, producendo anche delle pubblicazioni nelle quali si formulavano, tra l'altro, delle proposte per la redazione di una normativa specifica.

Alcuni risultati, della ricerca, sono stati presentati in convegni analoghi a questo, e se non ricordiamo male, anche nel 1983 nel trentesimo convegno nazionale tenutosi a Taormina, il problema fu posto in evidenza. Purtroppo però, seguiti concreti che stimolassero e consentissero anche economicamente a proseguire una ricerca che non rimanesse mero studio tecnico scientifico, ma portasse ad una concreta applicazione delle metodologie proposte, se ne sono visti molto pochi, al di là dei consensi e degli entusiasmi suscitati nell'immediatezza. Anche i risultati ufficiali appaiono modesti.

Proprio recentemente, partecipando a due convegni nell'ambito delle iniziative della Comunità Europea, il primo a Firenze, in giugno '97, su norme misure e prove per la tutela del patrimonio artistico e culturale, dai rischi ambientali, ed il secondo a Roma a cura del CNR nel dicembre '97 per la presentazione del progetto finalizzato per la salvaguardia dei Beni Culturali ho potuto verificare che in nessun caso si prevedeva un sottoprogetto che affrontasse tale aspetto.

Il recente terremoto in Umbria al di là dell'effetto suscitato dai danni agli affreschi di Giotto dimostra ancora una volta, purtroppo, la scarsa attenzione dedicata al problema. Non risulta ad esempio, (e questa era una buona occasione) che nelle schede di agibilità preparate da SSN/GNDT e Regione Umbria ci siano degli specifici richiami ai danni subiti e/o provocati in conseguenza dagli elementi non strutturali (sia impiantistici che architettonici). Nel grafico relativo agli ospedali, riguardante esito sopralluogo agibilità, si rileva che il 40% degli stessi sono inagibili ma nulla è precisato rispetto alle percentuali di danno subite dalle strutture impiantistiche e delle inagibilità dovute all'esclusiva sopravvenuta inefficienza degli stessi. Qualche dato in più in merito lo ricaveremo da uno studio dell'Ing. Tito Sanò, ma come detto trattasi di uno studio specifico e non di un dato sistematico, che un normale programma di protezione civile dovrebbe racco-

gliere. Eppure sembra evidente a tutti, che uno dei primi problemi della società di oggi dovrebbe essere il consentire (evidentemente in sicurezza) l'immediata ripresa dei ritmi di vita abituali (lavoro, scuola ecc.). Il superamento dell'emergenza terremoto, passa sempre di più dalla presenza di tempi rapidi di riapertura di fabbriche ed uffici.

Non molti decenni fa, risolto il problema abitativo, l'andare a lavorare nei campi risolveva la gran parte dei problemi lavorativi, ora si tratta di rientrare spesso in ambienti caratterizzati da altissimo contenuto tecnologico, con relativi rischi di tipo chimico, elettrico, incendio ecc..

Sembra quindi che realmente i tempi per il varo di una normativa a riguardo siano improcastrinabili, poiché se il primo obiettivo del progettista deve essere quello di preservare le strutture dal crollo catastrofico è pur vero che un edificio che abbia ricevuto un danno strutturale minimo e potrebbe essere reso abitabile con qualche rapida riparazione, dovrebbe essere anche protetto non solo dai danni secondari causati dalla fuoriuscita di sostanze pericolose o infiammabili, ma avere anche impianti tecnologici in grado di resistere per poi assicurare i servizi principali (luce, acqua, forza motrice, telefono) e limitando i danni solo in quelli meno necessari onde garantirne abilità e funzionalità (aspetto quest'ultimo fondamentale in edifici pubblici o di importanza strategica, quali ospedali, caserme, eccetera) anche in tempi immediatamente post-sismici.

Sintetizzeremo ora alcune soluzioni e metodologie di approccio alla soluzione delle problematiche esposte, rimandando necessariamente alla bibliografia per l'approfondimento.

Il valore della forza sismica, in base al quale progettare il singolo componente ed il suo ancoraggio viene calcolato in genere mediante uno dei seguenti metodi:

- A) Tramite il calcolo della forza statica equivalente, quindi utilizzando coefficienti di accelerazione sismica opportunamente prefissati e tabellati. In tal caso si arriva mediante metodologie semplificate a specificare con prescrizioni di carattere applicativo in funzione del rischio, i componenti e gli ancoraggi più appropriati. I valori di questi coefficienti sono tabellati sulla base di sperimentazioni ed osservazioni compiute ed aggiornati periodicamente. Tale impostazione risulta valida nel caso di elementi isolati ed in particolare caratterizzati da un comportamento di tipo rigido, per i quali è sufficiente valutare l'efficacia dell'ancoraggio od anche, nel caso di un sistema di impiantistica più articolato dove la modellazione progettuale non si limiti ai soli elementi principali ma tenga in conto anche il comportamento degli elementi di giunzione, la cui integrità è spesso particolarmente importante, come nel caso degli impianti di trasporto di fluidi.
- B) Determinando il valore esatto dell'accelerazione agente sul componente dopo averne calcolato il corrispondente spettro di risposta nel punto di installazione, noti che siano i risultati della analisi modale dell'edificio.

Il primo metodo è, quello generalmente adottato nelle poche normative straniere per l'edilizia civile che tengano in conto anche questo aspetto. Abbiamo ritenuto quindi, nell'ambito delle ricerche effettuate ed anche parzialmente pubblicate, indispensabile procedere a un loro esame per eventualmente adottarne, fatte le dovute correlazioni e modifiche, gli aspetti di maggior validità.

Di seguito ne riportiamo una breve sintesi, cominciando dalla capostipite UNIFORM BUILDING CODE statunitense, che considera l'elemento

non strutturale od impiantistico sollecitato da una forza agente nel suo baricentro di valore pari a

$$F = Z I C W$$

dove Z e' il coefficiente sismico della zona, I il coefficiente di importanza che si assume pari a quello dell'edificio (a meno che trattasi di apparati meccanici o di impianti di sicurezza, nel qual caso varrà 1,5 od anche nel caso di raccordi di pannelli per il quale vale 1); C (a/g) e' il coefficiente sismico dell'elemento il cui valore è opportunamente tabellato; W , infine, e' il peso del componente.

Le altre normative presentano in genere la medesima struttura e filosofia riproponendo formule più o meno simili.

Ad esempio può essere ricordata quella utilizzata nel codice della Nuova Zelanda in cui si pone semplicemente:

$$F = C W \text{ con } C \text{ opportunamente tabellato.}$$

Le critiche da muoversi sono molteplici, ad esempio può rilevarsi come manchi un fattore che modifichi il valore della forza sismica in funzione dell'altezza cui e' installato il componente nell'edificio. Eppure e' noto che in genere, ai piani più alti i componenti subiscono accelerazioni maggiori (comportamento a bandiera di edifici rigidi). Abbiamo quindi proposto delle modifiche ed effettuato correlazioni che ne consentano l'adozione per le nostre esigenze. Infatti, nonostante le approssimazioni, questo metodo consente di ottenere ugualmente buoni risultati soprattutto nel caso di elementi piuttosto rigidi e rigidamente ancorati alla struttura che inoltre rientrino in gruppi ben definiti aventi scarsa variabilità delle forze dinamiche. Può invece cadere notevolmente in difetto nel caso di apparecchiature aventi basso grado di smorzamento e periodo naturale di vibrazione prossimo ai periodi importanti dell'edificio. Si sottolinea inoltre, la necessità di prescrizioni particolari per gli impianti la cui rottura possa avvenire non tanto per il cedimento dell'ancoraggio quanto per la fragilità dei meccanismi interni. Conseguentemente proponiamo programmi di collaudo dinamico dei componenti in parte ripresi dalle esperienze finora maturate in campo nucleare ed industriale (U.S. Regulatory Guide, I.E.E.E.). Si può concludere questa breve sintesi sulle normative straniere, ricordando la proposta dell'APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL del 1978 U.S.A., la quale presenta notevoli pregi, molti dei quali nel senso delle critiche, precedentemente mosse, oltre a prendere finalmente in considerazione le interconnessioni ed interrelazioni tra i vari componenti, onde evitare che la rottura di un elemento in se' poco importante procuri il mancato funzionamento di una unità vitale. Richiede inoltre, l'obbligatorietà delle prove dinamiche per componenti particolarmente importanti, e propone il calcolo delle forze statiche equivalenti come segue:

$$F = A_v C P W$$

per elementi architettonici

$$F = A_v C P a_c a_x W$$

per impianti e componenti meccanici ed elettrici

con: A_v coefficiente correlato alla velocità efficace del suolo relativa al terremoto di progetto; C coefficiente sismico del componente (a/g) riportato in tabelle molto ampie e dettagliate, P fattore di prestazione variabile da 0,5 a 1,5 secondo i casi; a_x fattore di amplificazione che tiene conto della variazione di risposta con l'altezza, in particolare e' pari ad $a_x = 1 + h_x/h_n$ dove h_x ed h_n sono le altezze rispetto alla base dell'edificio del componente e del piano sul quale e' installato; a_c tiene conto del tipo di ancoraggio ed avrà i seguenti valori: per apparecchiatura montata rigidamente $a_c = 1$, se anco-

rate in modo flessibile con dispositivi elastici sarà pari 1 per $T_c/T < 0,6$ e $T_c/T > 1,4$ mentre per $0,6 < T_c/T < 1,4$ $a_c=2$ al minimo.

Volendo però effettuare una previsione accurata delle forze di vibrazione che si producono negli impianti, non si può trattare il problema solo con metodi statici equivalenti, ma bisogna ricorrere, come accennato in B), ad analisi dinamiche. Tali metodologie di utilizzo comune per impianti ad altissimo rischio quali le centrali nucleari, hanno il difetto di essere difficilmente proponibili nel campo civile se vogliamo sperare che poi siano realmente applicate e non solo perché pochi sarebbero in grado di recepirle ed usarle adeguatamente ma anche perché sostanzialmente inutile, e come se volessimo utilizzare una macchina di formula uno per muoverci nel caotico traffico di un centro cittadino. Nel campo dell'edilizia civile ci si deve accontentare di un approccio più semplice. Quindi abbiamo selezionato delle metodologie di calcolo già usate per l'installazione di impianto delle centrali nucleari che con poche e banali modifiche presentassero caratteristiche di intelligibilità e facilità di applicazione tali da poter essere usate, se non proprio per il calcolo dei usuali impianti presenti nelle civili abitazioni, almeno per quelli più complessi e di vitale importanza presenti in ospedali, centrali elettriche, caserme, ponti radio ecc.

Tra questi riportiamo brevemente il semplice metodo di K.A. Peters con il quale può ricavarsi, in un qualsiasi punto della struttura, lo spettro di risposta per i componenti.

Posto

D_0 = smorzamento del componente.

D_i = smorzamento del modo i esimo della struttura.

$S_a(\omega, D)$ = valore dell'ordinata sullo spettro di risposta della accelerazione del sito (in mancanza di dati più esatti si utilizzerà quello della normativa) in funzione dalla frequenza ω e dello smorzamento D .

Γ_i = fattore di partecipazione del modo i esimo.

Φ_{ni} = valore del componente dell'autovettore nel punto di ancoraggio con riferimento al modo i esimo.

ω_0 = frequenza dal componente.

ω_i = frequenza del modo i esimo della struttura. Accelerazione del componente.

Si distingueranno i seguenti casi:

A) *Componente con frequenza diversa da quella dei modi principali della struttura.*

In tal caso l'accelerazione varrà:

$$(\omega_0, D_0) = \sqrt{\left[\left(1 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\omega_0^2}{\omega_0^2 - \omega_i^2} \Gamma_i \Phi_{ni} \right) S_a(\omega_0, D_0) \right]^2 + \sum_{i=1}^n \left[\frac{\omega_0^2}{\omega_0^2 - \omega_i^2} \Gamma_i \Phi_{ni} S_a(\omega_i, D_i) \right]^2}$$

B) *Componente con frequenza prossima o pari a quelle dei modi principali della struttura. (campo di risonanza)*

Detta ω_j la frequenza per la quale si ha risonanza, per valori di ω nel suo intorno l'accelerazione sarà:

$$\bar{A}(\omega_j, D_\omega) = \sqrt{\left[\frac{\Gamma_i \Phi_{ni}}{2 \sqrt{D_0 (D_i + D_\omega)}} S_a(\omega_j, D_j) \right]^2 + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n \left[\frac{\omega_0^2}{\omega_0^2 - \omega_i^2} \Gamma_i \Phi_{ni} S_a(\omega_i, D_i) \right]^2}$$

Tale espressione si rende necessaria nel campo di valori pari o prossimi a ω_j in quanto, utilizzare anche in questo caso l'espressione precedente condurrebbe a valori troppo elevati. Il campo di risonanza nel quale sarà valida tale espressione è l'intorno di ω_j in cui $A(\omega_j, D_0)$ sarà più piccolo del relativo valore calcolato con l'altra espressione.

C) Componente con frequenza in risonanza.

In tal caso l'accelerazione, detto D_1 lo smorzamento della struttura, è data da:

$$A = \frac{1}{2 \sqrt{D_0(D_0 + D_1)}} Sa(\omega_0, D_1)$$

Gli spettri andranno così calcolati secondo le direzioni orizzontali x e y, nonché per la verticale z nel caso di ancoraggi su elementi verticali. Per i componenti schematizzabili con un solo grado di libertà diventa a questo punto semplice calcolare la forza sismica su essi agente; basterà infatti moltiplicare l'accelerazione che si ricava sullo spettro di risposta in corrispondenza della frequenza del componente per la massa dello stesso. Se non è nota con esattezza la frequenza del componente, potrà ricavarsi la forza sismica moltiplicando la massa del componente per la massima accelerazione (Sa_{max}) ricavabile sullo spettro di risposta. Inoltre, nel caso di componenti ancorati in un punto ma costituiti da più masse (2 o 3 al massimo) tra loro collegati, la forza sismica potrà essere calcolata incrementando del 50 per cento il prodotto massa del componente per Sa_{max} . Non potendo in questa sede discutere esaurientemente le problematiche riguardanti impianti più complessi, quali tubazioni e canalizzazioni, e per le quali rimandiamo alla bibliografia oltre che ad alcuni studi e simulazioni pratiche di progettazione, effettuate nel nostro istituto, concludiamo ricordando ancora una volta la necessità a livello di produzione industriale di un dettagliato programma di prove dinamiche dei componenti non strutturali ed in particolar modo per quelli che dopo un terremoto si ritenga possano non funzionare causa la rottura di meccanismi interni piuttosto che di ancoraggi.

B) Aspetti applicativi. Problematiche inerenti le fasi di progettazione, realizzazione in cantiere, produzione industriale.

Per quanto detto in precedente memoria e sulla base dei dati in nostro possesso possiamo affermare che sin da oggi la semplice conoscenza dello stato dell'arte (a livello internazionale) con i necessari ed inevitabili approfondimenti e/o affinamenti che studi sistematici possono apportare ed aggiornare, molti problemi legati alla progettazione e alla realizzazione antisismica di impianti ed elementi non strutturali possono essere risolti garantendoci in modo soddisfacente o comunque sensibilmente più elevato di quello più attuale il livello di protezione dei rischi conseguenti a loro eventuali danneggiamenti e/o cedimenti. È evidente ripetiamo l'importanza e l'utilità di una normativa specifica ma, purtroppo le norme emanate in Italia, compreso il DM 16/1/1996 con relativa circolare del 10/04/97 non si può certo dire che forniscano indicazioni valide per il progetto degli impianti in zona sismica. Tuttavia in base al recepimento delle normative comunitarie, esiste la possibilità di applicare i contenuti degli eurocodici (in particolare l'EC8) purchè il procedimento di calcolo sia coerente con l'intera normativa comunitaria. Si può pertanto riferire al paragrafo

3.5 dell'edizione maggio 94 dell'EC8, per quanto concerne gli elementi non strutturali tra i quali l'impianti, che devono "essere verificati , assieme ai loro supporti, per resistere all'azione sismica di progetto".

"Nel caso di elementi non strutturali di grande importanza o di natura particolarmente pericolosa, l'analisi sismica si baserà su un modello realistico delle relative strutture e sulla base di appropriati spettri di risposta derivati dalla risposta degli elementi strutturali di supporto del sistema sismico principale resistente. E tale prescrizione sembra ricalcare proprio il senso delle proposte da noi effettuate sin dal 1985. Per quanto concerne il tipo di analisi è prescritto che gli elementi non strutturali, come pure le loro connessioni, i vincoli e gli ancoraggi saranno verificati per resistere alle combinazioni dei relativi carichi permanenti, variabili ed azioni sismiche. Gli effetti dell'azione sismica possono essere determinate applicando agli elementi una forza orizzontale:

$$F_a = (S_a \cdot W_a \cdot \gamma_a) / q_a$$

Dove: F_a = forza orizzontale agente al centro di massa dell'elemento;

W_a = peso dell'elemento;

S_a = coefficiente sismico relativo agli elementi non strutturali

γ_a = fattore d'importanza dell'elemento;

q_a = fattore di comportamento dell'elemento

IL COEFFICIENTE SISMICO "Sa" può essere calcolato come:

$$S_a = a \cdot 3 \cdot (1 + Z/H) / (1 + (1 - T_a/T_1)^2)$$

Con: a = rapporto tra l'accelerazione di progetto a_g e l'accelerazione di gravità g ;

T_a = periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale;

T_1 = periodo fondamentale dell'edificio nella direzione pertinente

Z = altezza dell'elemento non strutturale al di sopra della base dell'edificio

H = altezza totale dell'edificio.

Vorremmo a questo punto porre l'attenzione sul fatto che una normativa che partendo dagli assunti teorico sperimentali vogli risultare efficace non possa non tenere conto di una serie di fattori legati a tutte le realtà presenti durante la progettazione, la realizzazione e la produzione industriale. Si deve assolutamente evitare che le norme emanate non siano perseguibili immediatamente e facilmente dall'operatore medio risultando addirittura controproducenti e dannosi a causa di applicazioni non controllate da una necessaria padronanza dei mezzi. Analogamente l'utilizzo di programmi pronti all'uso, se in molti casi utile in altri può talvolta conferire sicurezze fittizie. Comunque pur in presenza di indicazione normative adatte solo un maggior impegno dei professionisti a capo dei progetti impiantistici ed architettonici in stretta collaborazione con gli ingegneri strutturalisti ed unitamente a tutte le entità presenti nel processo esecutivo (tecnici installatori, imprese, maestranze, fornitori, direzione dei lavori) potrà far raggiungere risultati utili alla comunità. Tornando al tema del convegno va ribadito che solo un grande e indispensabile spirito di collaborazione tra le varie competenze specialistiche, nell'ottica di una professionalità integrata, potrà consentire il raggiungimento di risultati utili ai professionisti italiani non solo per tenere il passo con la realtà europea, ma anche nell'attuale fase di globalizzazione dei mercati, per consentire a questa di aprirsi spazi di rilievo nel campo della valutazione e gestione del rischio negli insediamenti civili ed industriali a livello mondiale. A riguardo ci sembra indispensabile sia in fase di progetto che esecutiva una nuova-vecchia figura di tecnico che chiameremo provocatoriamente l'ingegnere "condotto" mutuandone la terminologia dalla ormai quasi scomparsa figura del medico condotto. Si vuole porre l'accento su un delicato problema legato alla recente

formazione dei professionisti in genere e, nel nostro caso degli ingegneri in particolare l'eccesso e/o l'esasperata specializzazione. Sempre più spesso capita che una realizzazione implichi la presenza di progettisti appartenenti a discipline differenti (ad esempio geotecnica, strutture, impiantistica, idraulica, di condizionamento, di informatica, di meccanica ecc.). La mancanza di una minima conoscenza interdisciplinare impedisce in modo rilevante e penalizzante quella esigenza di proficua collaborazione di cui detto. Il professionista progettista con competenze limitate al proprio campo ha scarse capacità di dialogo con i colleghi e tende ad ottimizzare esclusivamente la propria parte progettuale. Se a questo aggiungiamo una naturale propensione campanilistica a ritenere il proprio settore più importante degli altri, la situazione si complica ulteriormente con risultati facilmente immaginabili. L'ingegnere "condotto" invocato, dovrebbe essere quella figura che avendo una conoscenza di base generale (ma non per questo generica) possa inquadrare tutti i problemi nella giusta ottica complessiva richiesta da un attento esame antisismico per giungere ad una soluzione che mediando e correlando le necessità dei singoli sottoprogetti li possa fondere realizzando un efficace progetto sismo resistente. Evidentemente la presenza di questa figura è meno sentita nell'ambito di progetti relativi a grandi insediamenti civili e industriali con elevati o elevatissimo contenuto tecnologico poiché in questo caso i progettisti sono già abituati a lavori di équipe con la presenza di un coordinatore e responsabile del progetto. Inoltre non va trascurata in questo caso la maggiore disponibilità finanziaria in genere presente per coprire costi professionali maggiori. La situazione è ben diversa nell'ambito della pratica quotidiana, nella realizzazione di quei piccoli e medi o medio grandi insediamenti che però rappresentano la quasi totalità della realtà vissuta nell'odierna società e coinvolgono la maggior parte della popolazione. L'indicazione di norme specifiche unitamente alla obbligatorietà di un progetto sismo resistente si spera che favorisca la rinascita di un ingegnere che non debba giungere alle situazioni paradossali che sempre più spesso capita di vedere nella pratica di cantiere allorché quando il singolo progettista o direttore dei lavori, provenendo da formazione universitarie troppo specialistiche per problemi anche minimi o valutazioni di larga massa che implicino la conoscenza in altri campi sono costretti a chiedere sempre più spesso la collaborazione di altri professionisti "specializzati". Voglio dire che di questo passo, un ingegnere strutturista, ad esempio, potrà non essere più in grado di spostare in sicurezza neanche una presa elettrica od un rubinetto senza l'aiuto di un tecnico specializzato al minimo. Immaginiamo quindi come potrà comportarsi nel valutare e dare indicazioni sismo resistenti. Si comprende come sarà preferibile avere norme quanto più semplici e controllabili dall'utente perseguendo una buona soluzione rinunciando a procedimenti in media meno controllabili pur se più rigorosi. L'utilizzo di quest'ultimi dovrà verificarsi solo nel caso in cui estrema pericolosità importanza e complessità intrinseca lo richiedano, mentre negli altri casi ci si dovrà limitare a calcoli semplificati (ma non semplicistici) ed alla indicazione di dettagli pratici di installazione. Di quest'ultimo aspetto daremo un cenno in questa parte finale dell'intervento.

La soluzione è costituita in genere da accorgimenti atti ad assorbire i forti movimenti. Ad esempio per tubazioni e canalizzazioni va posta molta attenzione nei riguardi dei movimenti che si verificheranno in corrispondenza degli attraversamenti dei giunti tecnici degli edifici, (se non evitabili in alcun modo), prevedendo quindi opportuni giunti di tela gommata o di amianto se c'è pericolo d'incendio. Va lasciata nell'attraversamento di pareti e solai la possibilità di movimento; e non vanno utilizzati giunti del tipo adottato per far fronte alle dilatazione termiche (scorrevoli od a soffietto), in quanto non dotati della

necessaria flessibilità, introducono un punto debole ed anzi vanno protetti. Più opportunamente i movimenti vanno assorbiti con gomiti ed ansa ad ampio raggio privi di concentrazione locale degli sforzi (fig. 1-2). A riguardo un utile indicazione può essere l'obbligatorietà dell'utilizzo di tubazioni in polietilene aventi andamento sinusoidale a cavallo dei punti in cui sono prevedibili forti spostamenti relativi. Tale materiale per le sue caratteristiche intrinseche ha fornito ottimi risultati durante il recente terremoto di Kobe non riportando praticamente alcun danno le linee di distribuzione del gas con esso realizzato. Ci sembra utile richiamare a riguardo la regola tecnica di prevenzione incendi recentemente emanata (decreto del Ministero degli Interni 12 aprile 1996) relativa agli impianti di produzione di calore alimenti a gas, che per la prima volta ha impartito disposizioni relative alla problematica trattata in queste note. In particolare in mancanza, di un quadro normativo che recasse le previsioni circa i metodi di calcolo da adottare e conseguentemente, dei valori di riferimento a cui attenersi nella progettazione delle parti meccaniche, ha vietato l'attraversamento dei giunti sismici degli edifici da parte delle tubazioni costituenti gli impianti interni. In tal modo, probabilmente, si è inteso impedire il tranciamento o la rottura delle tubazioni a causa dei moti reciproci tra le parti degli edifici non solidali. E' chiaro che tale previsione non può essere considerata esaustiva della problematica ma piuttosto un primo passo compiuto in attesa della definizione di standard antisismici relativi alle infrastrutture. Altri punti vulnerabili delle condutture in genere, sono individuabili nei collegamenti di queste alle macchine dell'impianto (motori, pompe, ventilatori ecc.). In questo caso proponiamo la installazione di collegamenti flessibili in posizione semi piegata per consentire la flessione differenziale e ridurre i carichi sulla flange. Nel caso di montaggi antivibranti si sono rivelati indispensabili dei dispositivi limitatori del movimento. A tal proposito vale la pena di ricordare l'utilità se non l'utilizzo obbligatorio di pavimenti flottanti dotati di smorzatori nelle tre direzioni nel caso di ambienti quali locali CED, sale computers, batterie gruppi di continuità e similari. Ottimi risultati nella loro progettazione sono stati ottenuti recentemente in Giappone e Stati Uniti e possono essere facilmente adottati.

Un discorso a parte è stato fatto per la protezione di diversi particolari architettonici quali tamponamenti, divisori, controsoffitti, finestre. In base ai dati raccolti abbiamo proposto, in una nostra pubblicazione, l'impiego di tamponamenti e divisori non strutturali, soprattutto in presenza di strutture a telaio flessibile, con spazi di tolleranza tra struttura e pannello discendenti dal calcolo strutturale in modo da consentire senza danni la deformazione prevista. Ciò ha comportato l'esame di due problemi connessi: La necessità di particolari esteticamente poco validi onde assicurare la stabilità laterale nei confronti delle forza fuori piano e, in secondo luogo, il riuscire a garantire l'isolamento acustico e la sicurezza antincendio.

Soprattutto quest'ultimo aspetto richiede un attento studio riguardante l'analisi del comportamento dei materiali da usare nei giunti. Ritenendo di aver terminato lo spazio a disposizione alleghiamo delle illustrazioni in cui appaiono alcune delle soluzioni ora accennate e che probabilmente saranno più chiare di una spiegazione sintetica, rimandiamo quindi l'approfondimento alla bibliografia.

Riferimenti bibliografici

- 1) *Uniform building code*, - international Conference of Building Officials-California, 1979;
- 2) *Tentative provisions for the development of seismic regulations for buildings*; Applied Technology Council, 3-06;
- 3) *Sulla rispondenza degli impianti alle sollecitazioni sismiche*. P. Petrella e G. Sciacca;
- 4) *Determination of floor response spectra on the basis of the response spectrum method* - K.A.Peters-D.-Schmitt-U.Wagner.
- 5) *Earthquake resistant design* - D.J.Dowrick.
- 6) *Installazione in zona sismica di impianti tecnici ed elementi non strutturali. Proposte per una Normativa*. CUEN - Napoli, 1988. P. Petrella, G. Sciacca
- 7) *Risultanze di prove dinamiche di qualificazione per componenti elettrici e meccanici*. ISMES - Bergamo
- 8) *L'attuale normativa degli impianti tecnici* - Prof. Ing. Antonio Cerami, C.so di aggiornamento ordine degli ingegneri prov. Di Caltanissetta
- 9) *Design of 3-D earthquake isolation floor applied to a large room housing computers* - H. Sugimoto, K. Naruse & Y. Seko - Tenth world conference on earthquake engineering Madrid 19-24 July 1992

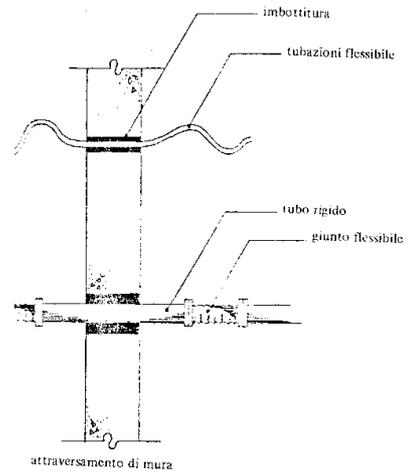
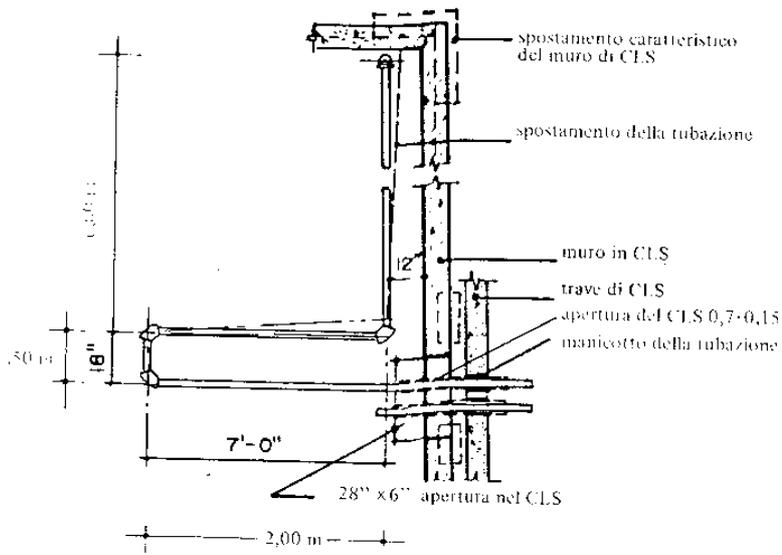


FIG. 79a - ATRAVERSAMENTI DI MURA E TRAMEZZI

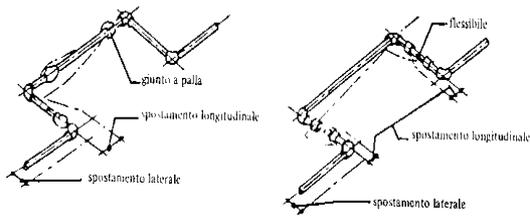


FIG. 71 - SOLUZIONE ALTERNATIVA PER IL PASSAGGIO DI UN GIUNTO SISMICO PER GLI EDIFICI NEI QUALI LA MANCANZA DI SPAZIO IMPEDISCE LE SOLUZIONI VISTE IN FIG. 70

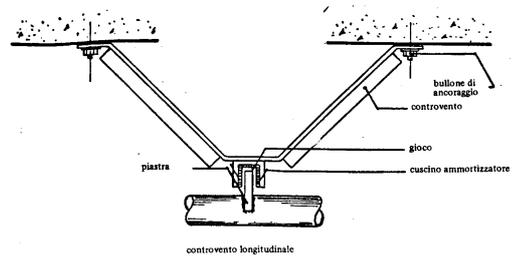
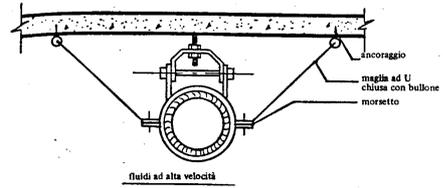
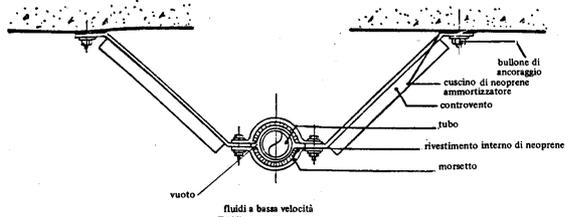
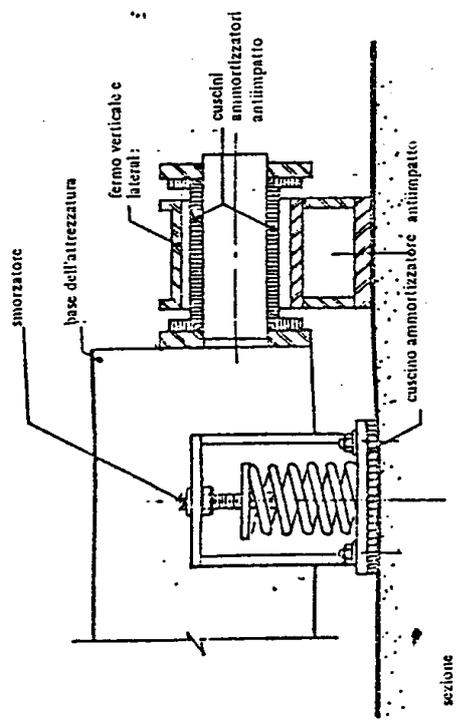
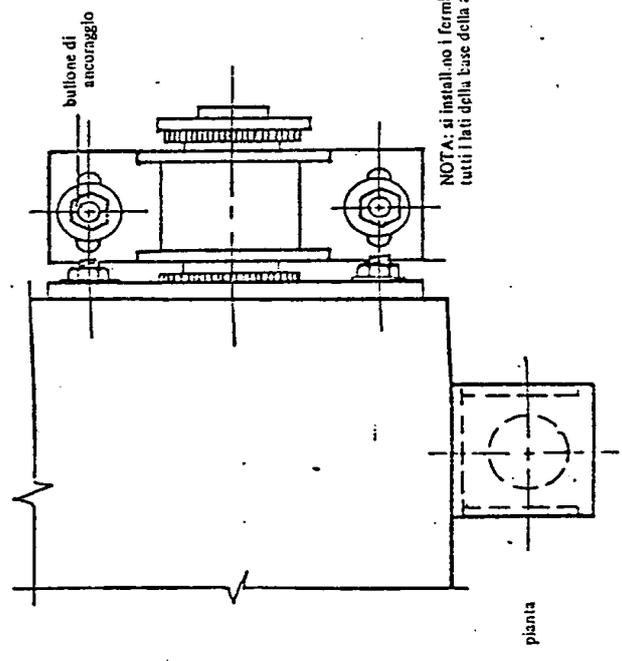


FIG. 73 - CONTROVENTI PER TUBAZIONI SOSPESSE CON STAFFE AVENTI DISPOSITIVI ANTI-VIBRAZIONE



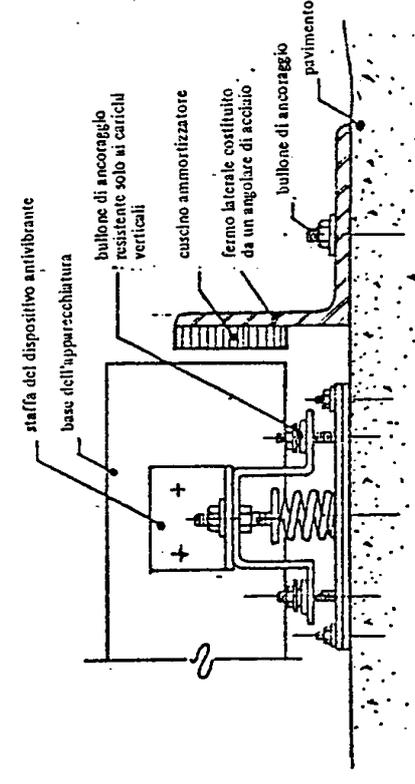
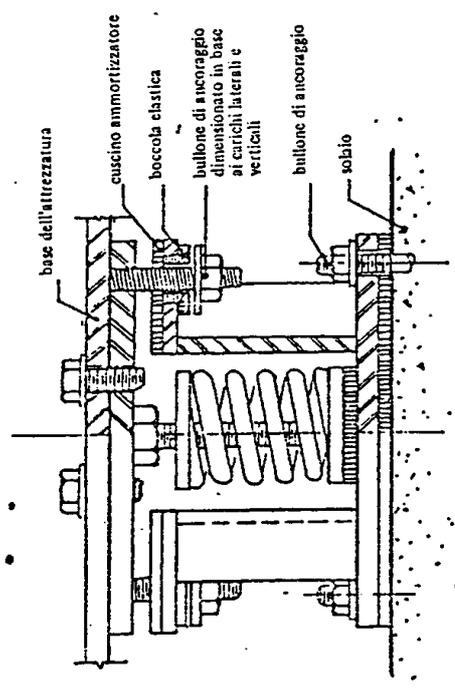


sezione



pianta

NOTA: si installano i fermi a tutti i lati della base della attrezzatura



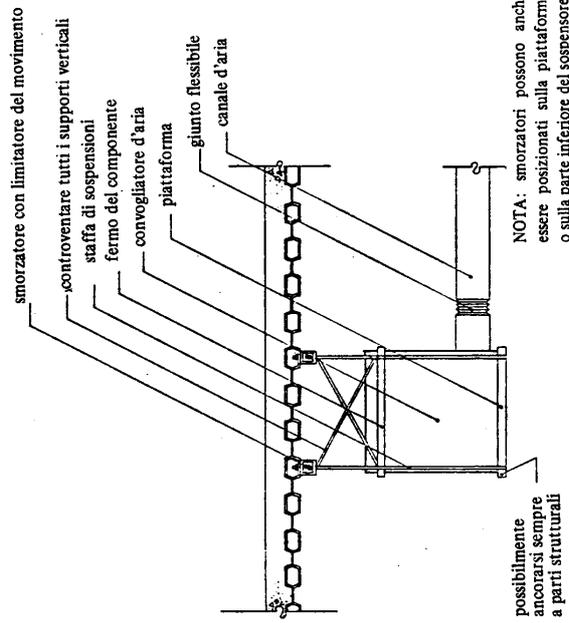


FIG. 78

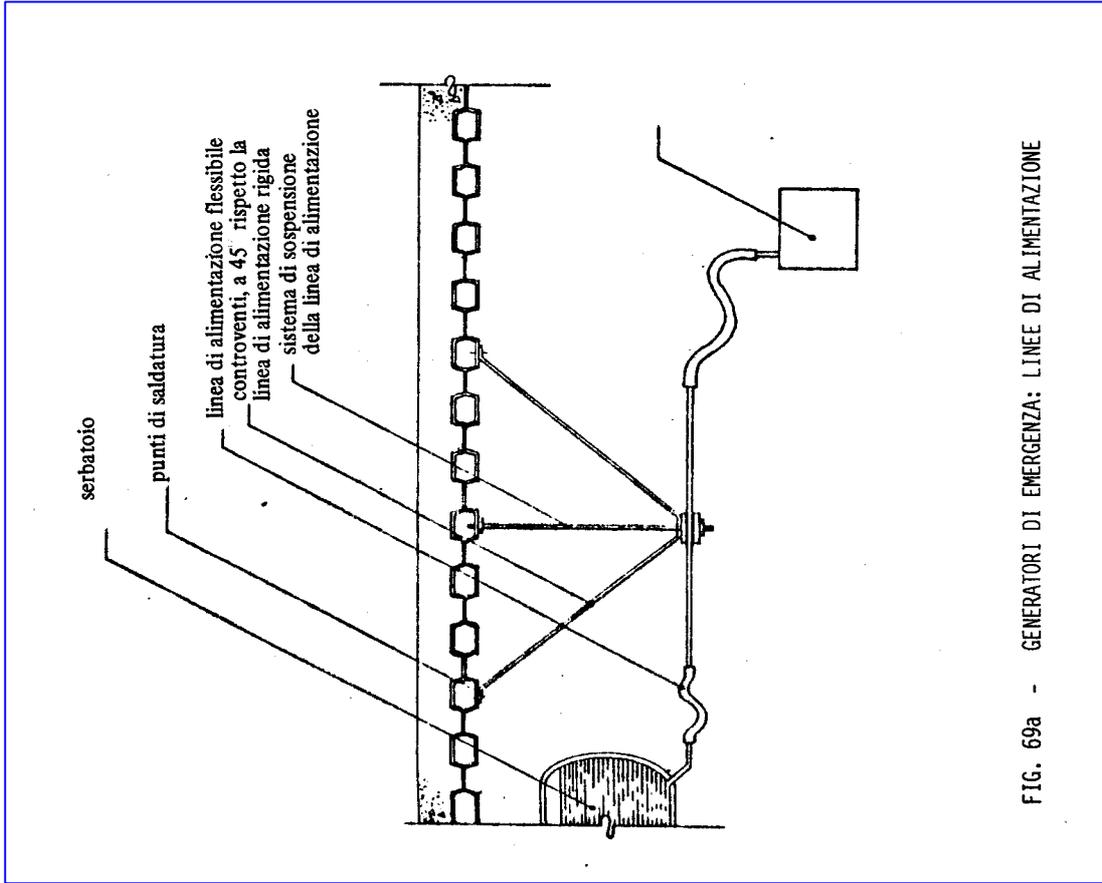
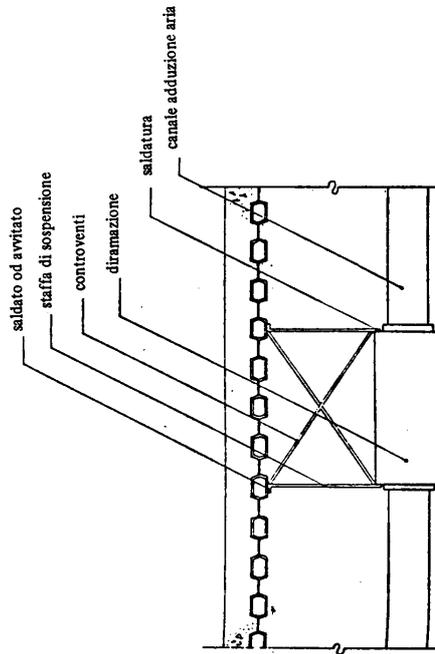


FIG. 69a - GENERATORI DI EMERGENZA: LINEE DI ALIMENTAZIONE

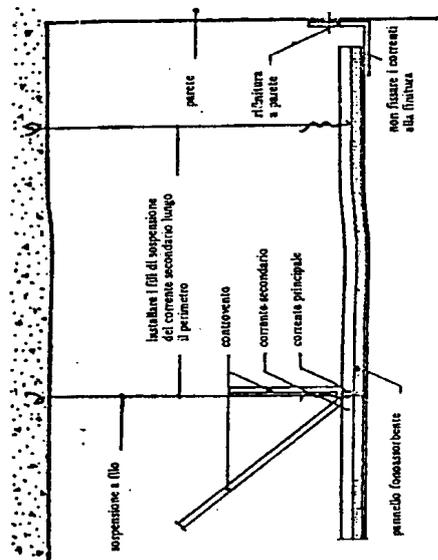
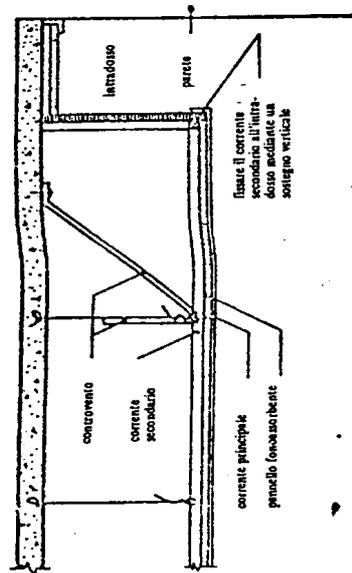
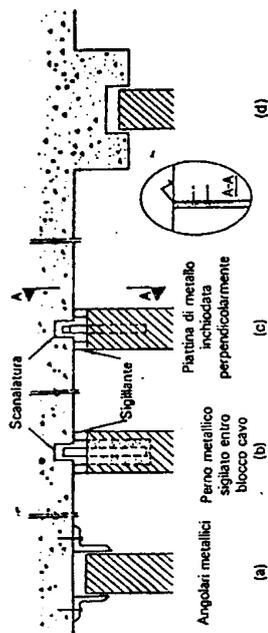
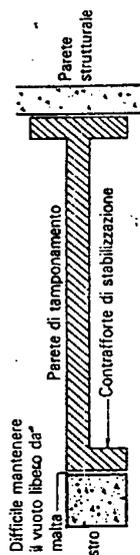


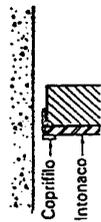
FIG. 7



I Divisori rigidi separati; particolari costruttivi della parte alta per la stabilità laterale delle pareti di laterizio o a blocchi



Divisorio rigido separato; veduta in pianta del sistema di contraforti di stabilizzazione



Particolare dell'intonacatura per assicurare il mantenimento del vuoto fra divisorio e struttura

FIG. 8