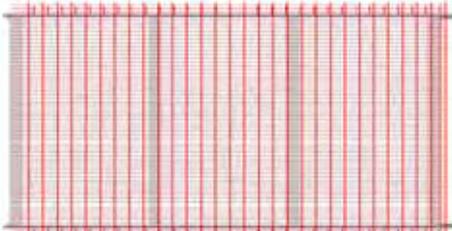
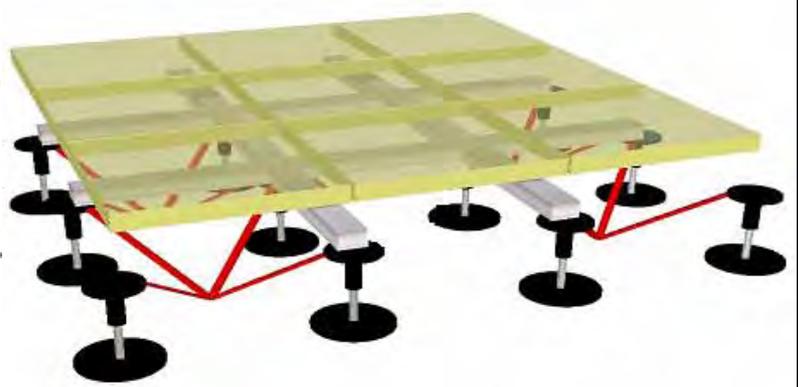
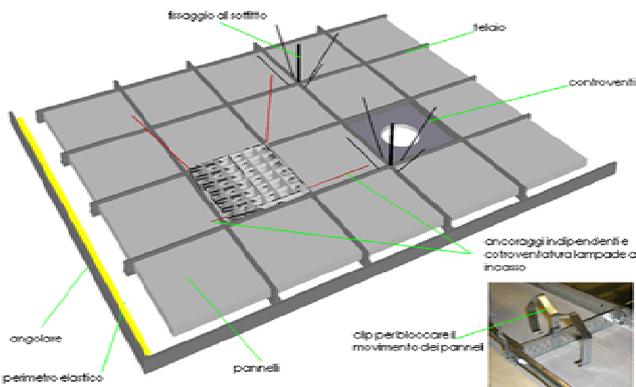
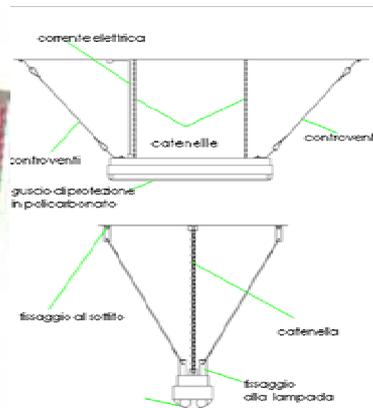
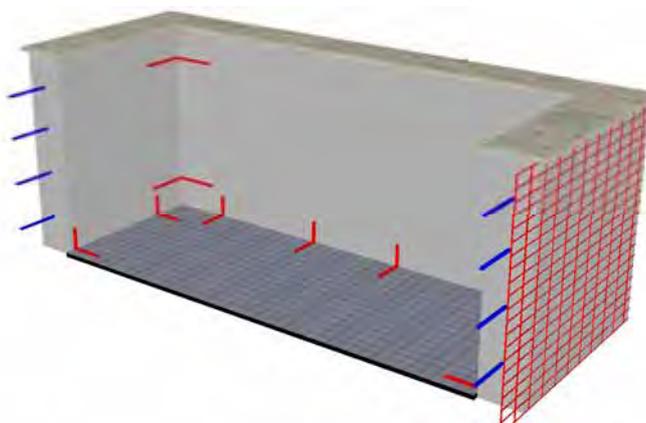




PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI  
DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE



# Linee guida per la riduzione della vulnerabilità di elementi non strutturali arredi e impianti



**Linee guida per la riduzione della  
vulnerabilità di  
elementi non strutturali  
arredi e impianti**

PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI  
DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE  
Via Vitorchiano 4, Roma  
[www.protezionecivile.it](http://www.protezionecivile.it)

A. De Sortis  
G. Di Pasquale  
M. Dolce

S. Gregolo  
S. Papa  
G. F. Rettore

Giugno 2009





---

# Indice

1. Introduzione.....	1
1.1 Inquadramento del problema .....	1
1.2 Normative e standard sulla vulnerabilità degli elementi non strutturali .....	1
1.3 Organizzazione delle linee guida .....	2
2. Rapporto fotografico sui danni dovuti al terremoto del 6 aprile 2009.....	3
2.1 Balconi .....	4
2.2 Manto di copertura.....	7
2.3 Epigrafi o iscrizioni.....	9
2.4 Fonti di illuminazione .....	10
2.5 Canne fumarie.....	11
2.6 Vetrate ed infissi .....	12
2.7 Cornicioni .....	14
2.8 Server e centralini .....	15
2.9 Sfondellamenti .....	16
2.10 Librerie e scaffalature .....	17
2.11 Cornici di finestre e portali .....	18
2.12 Persiane.....	20
2.13 Monitor .....	21
2.14 Intonaci .....	22
2.15 Rivestimenti e paramenti esterni.....	23
2.16 Controsoffitti.....	26
2.17 Partizioni interne.....	30
2.18 Comignoli .....	31
2.19 Insegne .....	32
2.20 Parapetti e balaustre .....	33
2.21 Suppellettili, soprammobili, etc. ....	35
3. Schemi di intervento .....	37
3.1 Scopo del lavoro .....	37
3.2 Esempio di calcolo di un componente fissato al pavimento .....	37
3.3 Schede.....	42
1 - Canna fumaria.....	43
2 - Comignoli .....	44
3 - Controsoffitti .....	45
4 - Cornicioni .....	46
5 - Fonti di illuminazione.....	47
6 - Parapetti .....	48
7 - Pareti in cartongesso .....	49
8 - Pavimenti sopraelevati modulari .....	50
9 - Solai/Soffitti.....	51
10 - Superfici vetrate.....	52
11 - Tegole .....	53
12 - Armadi, librerie, contenitori .....	54
13 - Laboratori chimici .....	55
14 - Monitor e computer .....	56
15 - Generatori di emergenza.....	57
16 - Scaffalature commerciali .....	58
17 - Server e centralini .....	59
Bibliografia.....	61
Estensori delle linee guida.....	63



### 1.1 Inquadramento del problema

Durante un terremoto ciò che provoca vittime è principalmente il crollo degli edifici, o di parte di essi; ma anche il danneggiamento degli elementi non strutturali può costituire una grave minaccia per l'incolumità delle persone oltre a determinare l'ostruzione delle vie di fuga.

Il danno provocato dal sisma sugli elementi non strutturali, ossia che non fanno parte dell'organismo strutturale vero e proprio dell'edificio, ha importanza ai fini di una più generale descrizione degli effetti e, naturalmente, per stime di carattere economico. Non è certamente trascurabile la rilevanza che può assumere il danneggiamento di questi elementi ai fini del giudizio di agibilità.

E' infatti molto frequente a seguito di un terremoto, pur di bassa intensità, riscontrare il danneggiamento anche diffuso di tali elementi che può comportare comunque grossi disagi anche se le strutture portanti hanno riportato danni lievi.

Tipici danneggiamenti di questo tipo sono quelli riguardanti gli intonaci, i rivestimenti, gli stucchi, i controsoffitti, le tramezzature, lo scivolamento dei manti di copertura, i distacchi dei cornicioni e dei parapetti, la caduta di oggetti di vario tipo sia interni che collegati alle parti esterne dell'edificio.

Nel caso poi di strutture strategiche ai fini di protezione civile come ospedali, sale operative, il danneggiamento di elementi tipo server, apparecchiature elettroniche, impianti, può comportare l'interruzione del servizio con conseguenti disagi per le operazioni di soccorso.

Ci sono poi i danni alle reti di distribuzione dell'acqua, dell'elettricità e del gas, di non secondaria importanza, che però non vengono affrontati nel presente lavoro e per i quali si rimanda a studi specifici. Per esempio la problematica legata alle reti del gas è stata di recente trattata nelle Linee Guida del Comitato Italiano Gas (aprile 2009).

### 1.2 Normative e standard sulla vulnerabilità degli elementi non strutturali

Esistono diversi riferimenti e standard che contengono metodologie, strumenti ed informazioni utili per affrontare il problema del rilievo delle criticità presenti negli edifici. Fra i riferimenti internazionali si citano, a titolo di esempio, i Manuali per il rilievo a vista di potenziali situazioni di rischio della Federal Emergency Management Agency (FEMA 154, FEMA 155, FEMA 178) degli USA. Essi sono riferiti al rischio sismico, tuttavia metodi, concetti e modalità di sintesi dei risultati possono essere ritenuti validi in generale. Alcune carenze vengono giudicate sul piano qualitativo e richiedono un "giudizio esperto", altre prevedono l'esecuzione di calcoli speditivi per essere evidenziate.

Riferimenti specifici agli edifici scolastici, anche con riferimento agli elementi non strutturali, si trovano nelle Linee guida redatte dal CNR e dalla Regione Molise (Dolce et al. 2003) e in (Dell'Isola et al. 2007), dove si arriva ad una "graduatoria" degli edifici in relazione a due categorie di rischio: strutturale e non strutturale.

Il Rapporto ATC-51-2 contiene alcune raccomandazioni per l'ancoraggio ed il controventamento delle installazioni non strutturali negli ospedali italiani.

La Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 12 ottobre 2007 (S.O. alla G.U. n. 24 del 29 gennaio 2008) che è anch'essa finalizzata alla valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni, riporta alcune indicazioni relative all'interazione possibile fra sicurezza strutturale ed elementi non strutturali di particolare pregio, ovviamente con una particolare attenzione alle esigenze di tutela.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni emanate con il D.M. 14.1.08, hanno dedicato specifici paragrafi ai criteri di progettazione degli elementi non strutturali (par. 7.2.3) e degli impianti (7.2.4). I principi in essi stabiliti, anche se riferiti alla progettazione sismica, sono utili per comprendere quali siano,

più in generale, le cautele da adottare per evitare che si verificano crolli anche parziali di elementi non strutturali ed impianti, in grado di mettere a rischio gli occupanti. In sostanza l'accento è posto alla appropriata esecuzione dei collegamenti fra detti elementi e la struttura, ai controventamenti ed alla vulnerabilità intrinseca degli elementi. Si richiamano inoltre i paragrafi C7.2.3 e C7.2.4 della Circolare 2.2.2009 n. 617 C.S.LL.PP, nonché le raccomandazioni riportate nella tabella C8A.9.1 di cui all'appendice di detta Circolare.

Una recente iniziativa sull'argomento è stata l'Intesa Istituzionale sancita dalla Conferenza Unificata ai sensi dell'articolo 8, comma 6, della legge 5 giugno 2003, n. 131, tra il Governo, le regioni, le province autonome di Trento e Bolzano, le autonomie locali ed avente per oggetto gli «indirizzi per prevenire e fronteggiare eventuali situazioni di rischio connesse alla vulnerabilità di elementi anche non strutturali negli edifici scolastici» (GU n. 33 del 10-2-2009).

In base all'intesa sono stati istituiti, presso ciascuna regione e provincia autonoma, che ne hanno il coordinamento, appositi gruppi di lavoro, con il compito di costituire squadre tecniche incaricate dell'effettuazione di sopralluoghi nelle istituzioni scolastiche statali di ogni ordine e grado del rispettivo territorio, diretti all'individuazione di situazioni di rischio connesse alla possibilità di crolli, anche parziali, di impianti ed elementi di carattere non strutturale.

Ogni sopralluogo è condotto osservando quanto riportato in un preciso schema allegato all'Intesa. La scheda è pensata come integrazione alla Anagrafe dell'edilizia scolastica di cui all'art. 7 della legge n. 23/1996. Lo scopo della scheda è quello di approfondire le condizioni di vulnerabilità di elementi non strutturali ed impianti al fine di individuare le situazioni di rischio per gli occupanti.

Le indicazioni contenute nella scheda, fanno riferimento, tra l'altro, allo stato di conservazione (corrosione, disgregamento di malte, carenze nei copriferri ecc.) ed a giudizi sintetici, per esempio dei proporzionamenti dei sostegni in relazione all'oggetto portato o vincolato.

E' previsto che le informazioni acquisite sulla base delle rilevazioni attivate siano utilizzate per l'integrazione e l'aggiornamento, per ogni immobile adibito all'uso scolastico, dei dati già contenuti nell'Anagrafe nazionale dell'edilizia scolastica.

Allo scopo di indirizzare i sopralluoghi sopracitati, sono state elaborate apposite Linee Guida ai fini della compilazione delle schede allegate all'Intesa, rep. 7/CU del 28/1/2009, e sono scaricabili dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

### **1.3 Organizzazione delle linee guida**

Nel capitolo 2 sono raccolti alcuni esempi di danni agli elementi non strutturali osservati in occasione del terremoto dell'Abruzzo del 6 aprile 2009.

Il capitolo 3 riguarda alcuni possibili schemi di intervento che possono essere adottati per mitigare il rischio derivante da elementi non strutturali in caso di terremoto.

# Rapporto fotografico sui danni dovuti al terremoto del 6 aprile 2009

Il terremoto dell'Abruzzo del 6 aprile 2009 oltre ad aver provocato crolli ed ingenti danni di carattere strutturale, ha evidenziato un diffuso danneggiamento agli elementi non strutturali.

Il danneggiamento di questi elementi ha spesso causato feriti o morti o intralcio alla fuga o all'accesso dei mezzi di soccorso.

La tipologia di questi danni è in molti casi simili a quella riscontrata in terremoti del passato, mentre in altri casi assume caratteri peculiari in relazione a tipologie costruttive presenti nella zona (per esempio balconi realizzate con lastre in pietra naturale).

In questa appendice sono raccolte alcune immagini di danni osservati nel corso di un sopralluogo, prevalentemente nel centro de L'Aquila, effettuato dagli estensori delle presenti Linee Guida il 4 giugno 2009. Di seguito si riporta un sintetico commento di carattere generale alle immagini, raggruppate per tipologia di danno. La numerazione riprende quella delle schede fotografiche di seguito riprodotte.

Sono stati in particolare trattati i seguenti aspetti:

- causa della vulnerabilità;
- livello di eccitazione che innesca il danno;
- rischio connesso.

## 2.1 Balconi

Il danno consiste nel crollo di lastre di pietra naturale dei balconcini di edifici in muratura o parziale distacco delle lastre tra loro. Le lesioni si verificano in genere o in corrispondenza delle zone più sollecitate o nelle zone di separazione tra lastre adiacenti. Questi elementi sono molto vulnerabili alle azioni verticali indotte dal terremoto sia per la fragilità della pietra naturale con cui sono realizzati, sia per le condizioni di vincolo. Infatti i danni più frequenti si osservano quando la luce tra le mensole di appoggio è più elevata. Di solito questo tipo di danno è associato ad elevata intensità di scuotimento sismico, il rischio connesso è quello di ferimento o di ingombro delle vie di fuga.

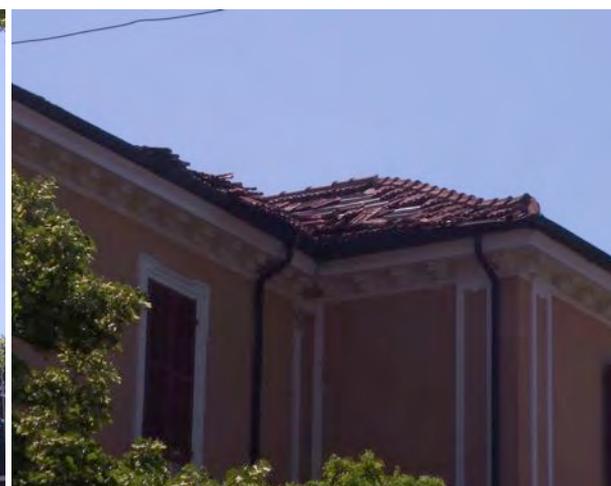






## 2.2 Manto di copertura

E' una tipologia di danno molto diffusa, sia per valori moderati che elevati di scuotimento sismico. La necessità di interporre uno strato di materiale isolante tra le tegole e gli elementi portanti comporta che le prime siano praticamente solo appoggiate e quindi possano facilmente dislocarsi. I coppi del manto di copertura di forma classica, molto diffusi nei centri storici, sono privi di sagomature aventi la funzione di miglioramento di collegamento fra gli elementi. Quindi questa tipologia è altamente vulnerabile. Il rischio maggiore è per chi si trovi in strada al momento della caduta delle tegole sia durante la scossa di terremoto sia nei giorni successivi, per esempio a causa di raffiche di vento.





### 2.3 Epigrafi o iscrizioni

Questo tipo di danno è più frequente quando la connessione tra lastra e supporto tende ad ammalorarsi o invecchiarsi. Di solito si manifesta per livelli elevati di eccitazione o a causa della disgregazione del supporto. Il rischio connesso è quello di ferimento o di intralcio alle vie di fuga.



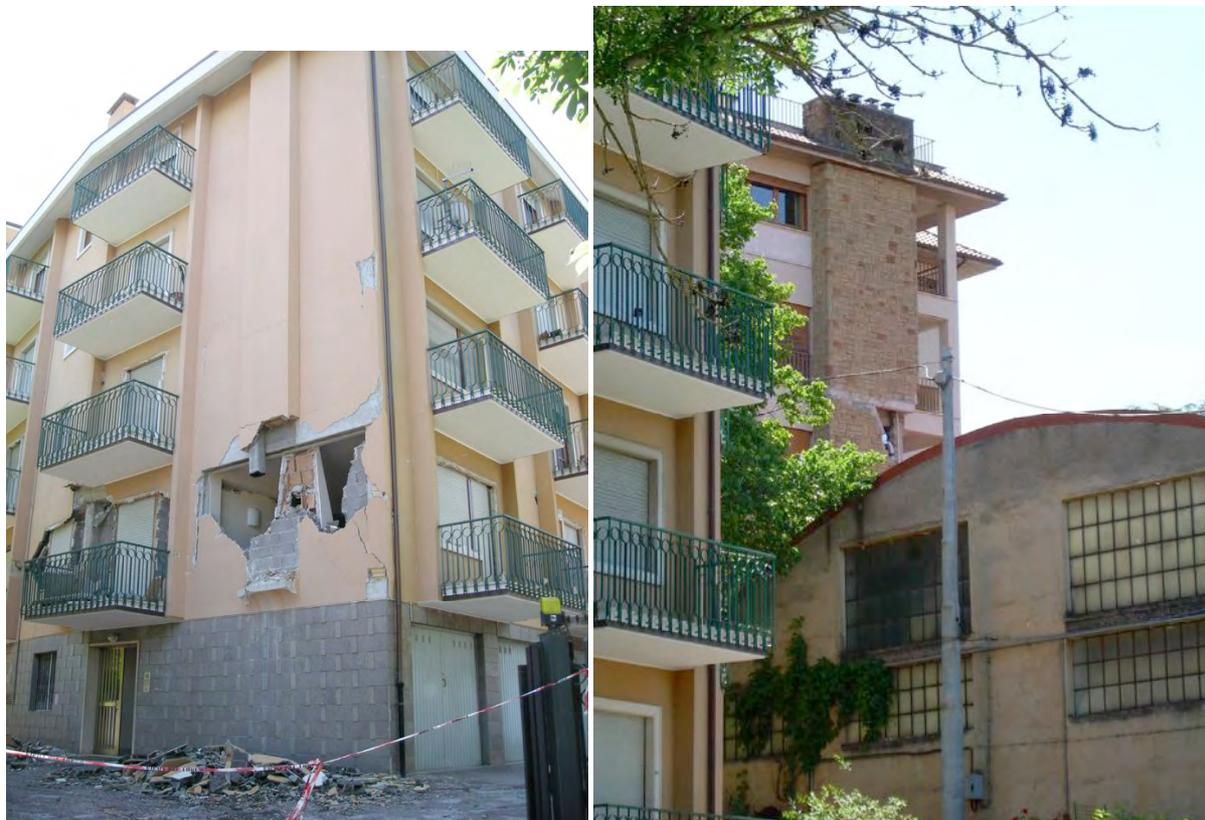
## 2.4 Fonti di illuminazione

Il danno è molto legato alle caratteristiche delle connessioni tra apparecchi e supporto. La presenza di pendini non vincolati lateralmente aumenta il rischio di caduta. Questi danni di solito sono associati a livelli di eccitazione elevati. Il rischio diretto è quello di ferimento, quello indiretto è la mancanza di illuminazione delle vie di fuga nei casi in cui non vi sia comunque un'interruzione generale delle linee elettriche.



## 2.5 Canne fumarie

Le canne fumarie esterne in elementi di muratura possono subire rotture dovute alle deformazioni differenziali del supporto a cui sono collegate. Il livello di eccitazione che innesca questi danni è di solito elevato ed il rischio connesso è quello di ferimento o di intralcio alle vie di fuga. Le canne fumarie metalliche di solito non presentano danni, grazie alla loro elevata flessibilità.



## 2.6 Vetrate ed infissi

Il vetro è un materiale molto fragile e sensibile alle distorsioni del telaio in cui è inserito. Il danno è poco correlato all'intensità dell'eccitazione. Per quanto riguarda gli infissi i danni si verificano più frequentemente quando le dimensioni dello stesso sono significative. Il rischio per le persone è quello sia di essere colpite dalla caduta dei vetri sia di ferirsi camminando senza scarpe.





## 2.7 Cornicioni

Il danno è più frequente quando i cornicioni sono realizzati mediante pianelle in laterizio poggiate su di una intelaiatura metallica. Spesso la vulnerabilità è acuita dalla vetustà e da problemi di infiltrazioni d'acqua. Il danno si può verificare già a partire da bassi livelli eccitazione soprattutto in presenza di degrado. Il rischio connesso è quello di ferimento o di intralcio alle vie di fuga.



## 2.8 Server e centralini

Il danno osservato consiste nei casi peggiori nel ribaltamento vero e proprio dei server o centralini, in altri casi nella traslazione di tali elementi, favorito dall'assenza di ancoraggi efficaci. Il danno si può verificare a partire da alti livelli di eccitazione. Il ribaltamento può comportare pericolo per la vita umana o occlusione delle vie di fuga. Nel caso di strutture strategiche il danneggiamento di tali elementi può comportare l'interruzione di servizi essenziali.



## 2.9 Sfondellamenti

Il danno consiste nel distacco e la successiva caduta delle cartelle inferiori dei blocchi di alleggerimento inseriti nei solai in cemento armato, a causa della non corretta realizzazione del solaio o dell'utilizzo di laterizi con errato allineamento dei fori ed inadeguato impasto. Il danno si può verificare a partire da alti livelli di eccitazione, o anche più bassi nei casi di ammaloramenti pregressi. Il danneggiamento può comportare pericolo per la vita umana.



## 2.10 Librerie e scaffalature

Il danneggiamento riguarda soprattutto quelle tipologie di scaffalature alte e snelle, in assenza di ancoraggi efficaci. Anche la disposizione del carico non uniformemente distribuito condiziona il comportamento di questi elementi. Il danno si può verificare a partire da alti livelli di eccitazione. Il ribaltamento può comportare pericolo per la vita umana o occlusione delle vie di fuga. Si possono verificare rischi indiretti nel caso in cui la scaffalatura contenga materiali e sostanze chimiche pericolose.



## 2.11 Cornici di finestre e portali

Il danno riscontrato riguarda porzioni di cornici di finestre e portali in genere realizzate con elementi lapidei o strucchi. Il danno si può verificare già a partire da bassi livelli eccitazione soprattutto in presenza di degrado. La caduta di tali elementi seppur di limitate dimensioni può provocare rischio per le persone.





## 2.12 Persiane

Il danneggiamento è consistito nel distacco delle persiane ed in alcuni casi nel crollo sulla sede stradale. Tale danno è stato determinato dallo strappo delle cerniere dalla muratura in cui sono annegate. Il danno si può verificare a partire da alti livelli di eccitazione. Il rischio connesso è quello di ferimento o di intralcio alle vie di fuga.



### 2.13 Monitor

Il danneggiamento di tali elementi è dovuto all'assenza di efficaci collegamenti. La caduta dei monitor può provocare oltre ai danni alle persone, intralcio alle vie di fuga. Solo in casi molto particolare, come quello di strutture strategiche, la caduta dei monitor può causare disagi connessi al loro mancato funzionamento.



## 2.14 Intonaci

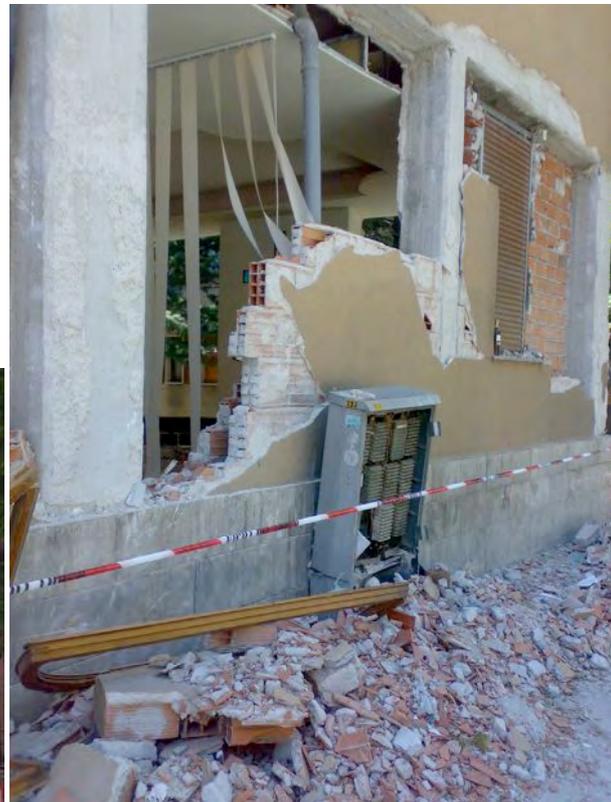
Il distacco di porzioni di intonaco è molto frequente negli edifici in muratura. Si verifica anche per bassi livelli di eccitazione, quando lo strato di intonaco che riveste la muratura, già in condizioni di precaria aderenza al supporto, viene sollecitato nel piano. La caduta di porzioni, spesso anche di grandi dimensioni, di intonaco può provocare seri danni alle persone.



## 2.15 Rivestimenti e paramenti esterni

Il danno dipende molto dalla tipologia del rivestimento. Tipico è il caso del paramento esterno delle tamponature di edifici in c.a. in cui, per evitare i ponti termici, questo non è inserito nella maglia strutturale ma avvolge i pilastri. In questi casi si sono riscontrati molti ribaltamenti, anche in presenza di elementi di diatoni. Il danneggiamento è stato probabilmente frutto del concorso di due modalità: gli spostamenti relativi di interpiano hanno provocato superiormente il distacco del paramento, che successivamente è ribaltato per effetto delle azioni fuori del piano. In altri casi si sono verificati distacchi di lastre lapidee o altri tipi di rivestimenti. Il danno si può verificare a partire da alti livelli di eccitazione. Il rischio connesso è quello di ferimento o di intralcio alle vie di fuga.







## 2.16 Controsoffitti

Il danno osservato nei casi peggiori è consistito nella caduta di interi pannelli, in altri casi di poche doghe, favorito da un non efficace ancoraggio o controventamento. Il collasso dell'intera griglia di supporto è favorito anche dal carico addizionale dovuto ai lampadari non efficacemente ancorati alla struttura. Altri tipi di danno che si possono osservare sono dovuti al martellamento in corrispondenza della sommità delle partizioni e degli sprinkler degli impianti antincendio. Il danno si può verificare a partire da alti livelli di eccitazione. Il rischio connesso è quello di ferimento o di intralcio alle vie di fuga. Quando il controsoffitto è molto pesante (in elementi di gesso) il rischio per le persone è molto elevato.









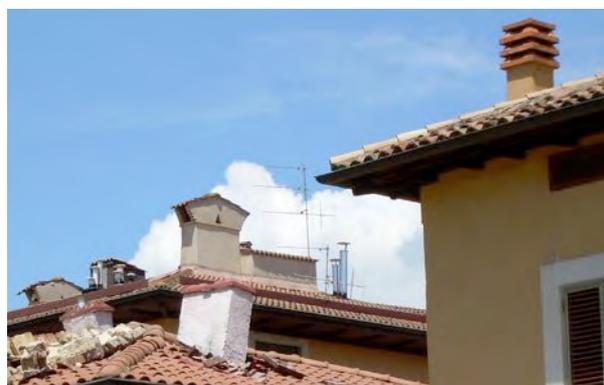
## 2.17 Partizioni interne

Il danno osservato nei casi peggiori è consistito nel crollo totale delle partizioni, in altri casi nelle comuni lesioni a taglio. Il danno si può verificare a partire da bassi livelli di eccitazione. Il rischio connesso è quello di ferimento o di intralcio alle vie di fuga.



## 2.18 Comignoli

Il danno è molto frequente soprattutto per comignoli molto snelli o molto vulnerabili per conformazioni particolari. Il danno si può verificare a partire da bassi livelli di eccitazione. Il rischio connesso è quello di pericolo per la vita umana o occlusione delle vie di fuga.



## 2.19 Insegne

Il danno ha generalmente interessato porzioni limitate di tali elementi, nella maggior parte dei casi è strettamente legato al danneggiamento del supporto a cui l'insegna è collegata. Il danno si può verificare a partire da alti livelli di eccitazione. Il rischio connesso è quello di ferimento.



## 2.20 Parapetti e balaustre

Il danno osservato ha interessato soprattutto la tipologia di parapetti e balaustre realizzata con elementi molto snelli o molto vulnerabili per conformazioni particolari. L'estensione del danno è variabile, può interessare tutto elemento o piccole porzioni. Il danno si può verificare a partire da alti livelli di eccitazione. Il rischio connesso è quello ferimento o in casi particolari di pericolo per la vita umana quando il crollo riguarda singoli elementi molto pesanti o grosse porzioni.





## 2.21 Suppellettili, sopramobili, etc....

Nei vari ambienti sono contenuti tanti oggetti che in caso di terremoto subiscono traslazioni, rotazioni, ribaltamenti. Tali fenomeni si verificano anche a bassi livelli di eccitazione. Il rischio per le persone è quello sia di essere colpite dalla caduta dei vari oggetti sia di ferirsi camminando senza scarpe. Oggetti molto ingombranti possono inoltre ostruire le vie di fuga.





### 3.1 Scopo del lavoro

Il presente capitolo riguarda alcuni possibili schemi di intervento che possono essere adottati per mitigare il rischio derivante da elementi non strutturali in caso di terremoto. Gli schemi sono riportati in forma di schede suddivise in tre parti:

1. descrizione dell'elemento analizzato;
2. tipologia di danno frequentemente osservato;
3. possibile intervento.

Sono riportate le casistiche principali, che certamente non esauriscono tutte le possibili evenienze, ma offrono una panoramica di possibili soluzioni.

Per quanto riguarda eventuali calcoli di resistenza si potrà fare riferimento, oltre che alle già citate Norme Tecniche di cui al DM del 14/1/2008, agli esempi riportati nell'ATC 51-2. In quest'ultimo rapporto si affrontano in particolare gli interventi sugli elementi non strutturali degli edifici strategici, come gli ospedali.

Gli interventi proposti possono generalmente essere eseguiti direttamente a cura dell'installatore, quando le dimensioni del componente da vincolare sono ordinarie e contenute. Per componenti di maggiori dimensioni (grandi scaffalature, controsoffitti di grande estensione) oppure aventi particolari caratteristiche tecnologiche (generatori di emergenza) è necessario far precedere all'installazione un progetto vero e proprio dell'intervento a cura di un tecnico qualificato.

Allo scopo di esempio della procedura di verifica di un componente non strutturale si riporta nel paragrafo 3.2 il calcolo di verifica secondo le vigenti norme tecniche di un componente fissato al pavimento.

### 3.2 Esempio di calcolo di un componente fissato al pavimento

L'esempio riportato di seguito è stato ricavato dal Rapporto ATC-51-2 (citato in Bibliografia). La verifica è stata effettuata secondo l'OPCM 3274/2003, ossia la norma vigente all'epoca della preparazione di quel Rapporto. L'esempio seguente è riportato al solo scopo di esemplificare la procedura che si adotta per le verifiche, tenuto conto che i criteri di progetto dell'OPCM 3431/2003 sono compatibili con quanto previsto nella attuale normativa DM 14/1/2008.

#### 3.2.1 Obiettivo

Una nuova unità di raffreddamento (Figura 3-1) deve essere collocata sul tetto di un edificio esistente. Si devono progettare i bulloni di ancoraggio per questo componente.

#### 3.2.2 Informazioni necessarie per la progettazione sismica

<i>Descrizione del componente:</i>	Componente meccanico (raffreddatore) come descritto nel seguito, montato sul tetto dell'edificio. Il componente non richiede alcun isolamento alla base per prevenire vibrazioni.
<i>Struttura del solaio:</i>	Piastra di calcestruzzo armato di 180-mm di spessore, con una pedana di appoggio di 70-mm sempre di calcestruzzo armato sotto il componente. Spessore totale pari a 250 mm.
<i>Capacità del calcestruzzo:</i>	Non testata, ma assunta pari a 14 MPa.
<i>Zona sismica:</i>	1 (alta sismicità)
<i>Categoria di suolo:</i>	B $S = 1.25$ (suolo comune in Italia [§3.1 OPCM 3274/2003])
<i>Accelerazione di riferimento <math>a_g</math>:</i>	$= 0.35 g$

Fattore d'importanza, $\gamma$ :	= 1.4 (ospedali [§4.7])
Fattore di duttilità, $q_a$ :	= 2 [§4.9]
Periodo fondamentale della struttura, $T_1$ :	= 0.45 secondi
Periodo del componente, $T_a$ :	Non riportato dal costruttore, informazione non disponibile.

In questo esempio le caratteristiche del componente descritte dal costruttore sono:

Peso:	54 kN
Dimensioni (mm):	Dimensioni del componente: 3000 x 1280 x 1520 (altezza) Dimensioni tra i fori di ancoraggio: 2640 x 1070
Baricentro:	Distanze (mm) dal foro d'angolo: 1320 x 610 x 910 (altezza)
Connessione alla struttura:	Bulloni passanti attraverso fori sui profili a C di base
Connessioni di servizio:	Connessione all'impianto elettrico, all'impianto dell'acqua di condensazione e all'impianto dell'acqua di raffreddamento: i condotti di scarico hanno un diametro esterno di 54-mm

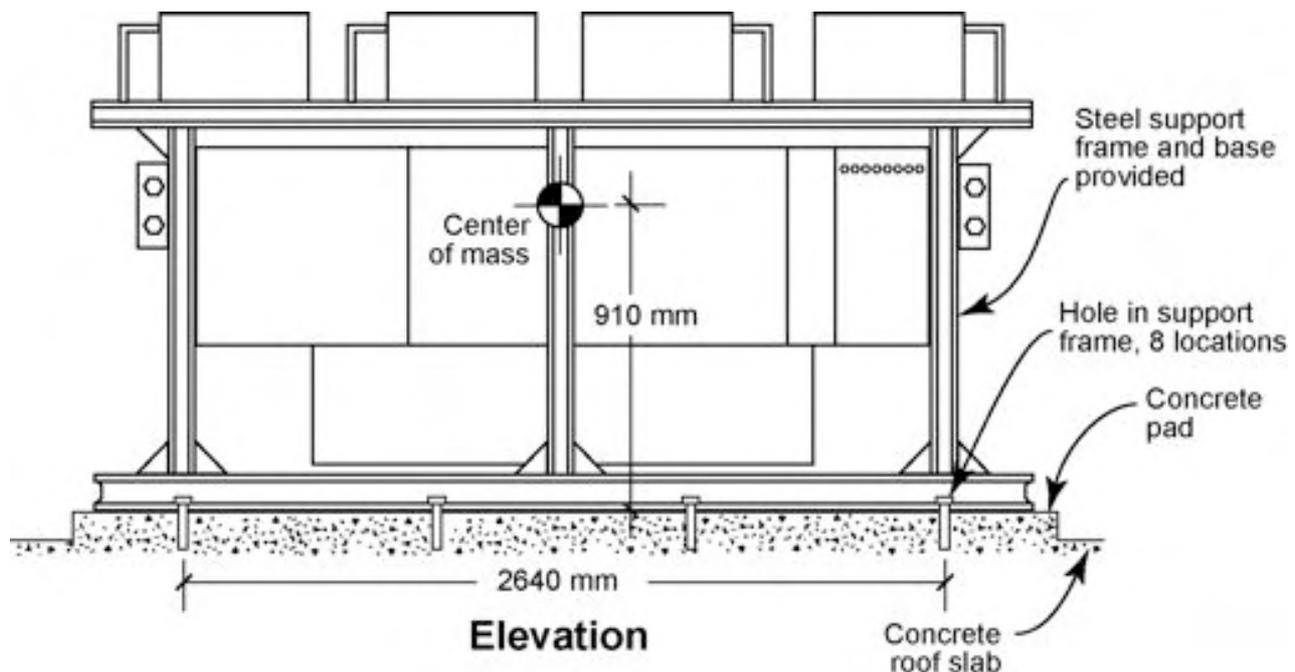


Figura 3-1: Progetto dell'ancoraggio dell'unità di raffreddamento trattata nell'esempio A.

### 3.2.3 Calcoli di progetto

#### 3.2.3.1 Combinazioni di carico

Il componente è soggetto alle forze sismiche ed a quelle dovute al peso proprio secondo le seguenti combinazioni di carico [§3.2.3, §3.3, §4.6]:

$$G + 0.3 \gamma E_v + \gamma E_h = (1 + 0.3 \times 1.4 \times 0.9 S_{a_g}) G + \gamma E_h$$

$$G - 0.3 \gamma E_v + \gamma E_h = (1 - 0.3 \times 1.4 \times 0.9 S_{a_g}) G + \gamma E_h$$

dove  $E_v$  e  $E_h$  rappresentano, rispettivamente, i carichi verticali ed orizzontali dovuti al sisma, e  $G$  rappresenta il peso proprio. Il progetto dei bulloni di ancoraggio è controllato dalle forze di tensione verso l'alto che agiscono su di essi durante il ribaltamento. Pertanto la combinazione di carico con le minori forze verticali controlla la progettazione.

Nella combinazione di carico, il termine  $0.3 \times 0.9 S a_g$  rappresenta l'accelerazione sismica verticale che agisce contemporaneamente alle forze sismiche orizzontali [§4.6]. Con i valori di  $a_g = 0.35$  e  $S = 1.25$ , la combinazione di carico che controlla la progettazione diventa:

$$(1 - 0.3 \times 1.4 \times 0.9 \times 1.25 \times 0.35) G + \gamma_l E_h = 0.835 G + \gamma_l E_h$$

### 3.2.3.2 Calcolo delle forze sismiche

Poiché il periodo fondamentale di vibrazione  $T_a$  del componente non è noto, si assume il caso più sfavorevole, cioè che  $T_a$  coincida con il periodo fondamentale di vibrazione dell'edificio,  $T_1$ . Pertanto il rapporto  $t = (T_a/T_1)$  è uguale a 1.

Dalla norma (§4.9), si evince che la forza dipende anche dal rapporto  $z = Z/H$ , dove  $Z$  è la quota nell'edificio alla quale è installato il componente in questione, e  $H$  è l'altezza totale dell'edificio. Poiché il componente è posizionato sul tetto dell'edificio, il rapporto  $z$  è uguale a 1.

L'accelerazione spettrale,  $S_a$ , in g, che agisce sul componente si calcola con la seguente formula (<sup>1</sup>):

$$S_a = 3 S a_g / g (1 + z) / (1 + (1 - t)^2) = 3 \times 1.25 \times 0.35 g (2) / (1) = 2.62$$

La forza orizzontale di progetto,  $F_a$ , sul componente si ottiene dall'equazione 4.11:

$$F_a = \gamma_l E_h = S_a \gamma_l W_a / q_a = 2.62 (1.4) (54 \text{ kN}) / (2) = 99.2 \text{ kN}$$

### 3.2.3.3 Forze sui bulloni di ancoraggio

Le forze di progetto dei bulloni di ancoraggio sono controllate dalle forze orizzontali agenti nella direzione trasversale del componente, lungo la quale si può contare su un braccio delle forze resistenti al ribaltamento pari a 1070 mm.

Il baricentro non è centrato rispetto alla larghezza resistente, ma è a 460 mm da uno dei supporti come si vede dalla Figura 3-2. Pertanto, la combinazione di carico critica è quella mostrata in Figura 3-2. Le forze sui bulloni di ancoraggio si possono calcolare dallo schema di forze riportato in Figura 3-3. Si assume che il componente venga ancorato con otto bulloni posizionati come in Figura 3-2. La forza di taglio agente su ciascun bullone risulta essere pari a  $F_a/8 = 99.2 \text{ kN} / 8 = 12.4 \text{ kN}$ . La forza di trazione che resiste al ribaltamento  $T$  in Figura 3-3 si calcola equilibrando i momenti attorno al punto di applicazione della reazione di compressione. Secondo la combinazione di carico stabilita in precedenza, la forza verticale resistente al ribaltamento ha un valore pari a 0.835 volte il peso del componente:  $0.835 W_a = 0.835 (54 \text{ kN}) = 45.1 \text{ kN}$ .

$$T (1070 \text{ mm}) = (99.2 \text{ kN})(910 \text{ mm}) - (45.1 \text{ kN})(460 \text{ mm}) = 69600 \text{ kN-mm}$$

$$T = 69600/1070 = 65.0 \text{ kN}$$

Questa forza agisce su quattro bulloni. Pertanto la forza su ciascun bullone è  $65.0/4 = 16.3 \text{ kN}$

### 3.2.3.4 Progettazione dei bulloni di ancoraggio

Poiché il componente non è isolato e può trasmettere vibrazioni ai bulloni di ancoraggio, si preferisce usare bulloni ad adesione piuttosto che ad espansione. Dato uno spessore della soletta di ancoraggio di 250 mm, il diametro appropriato per i bulloni potrebbe essere di 16 o 20 mm. La Tabella 3-1 contiene i valori limite per le resistenze di bulloni ad espansione forniti da un costruttore. Si sceglie un bullone di 16 mm di diametro con una profondità di ancoraggio di 180 mm.

<sup>1</sup> Dopo la pubblicazione del rapporto ATC-51-2 sono intervenuti cambiamenti sia nell'Eurocodice 8, sia nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/03, che hanno modificato la formula che consente di determinare l'effetto dell'azione sismica su un componente posto su un edificio. La formula aggiornata per la valutazione dell'ordinata spettrale  $S_a$  (punto 4.9 All. 2 all'OPCM 3274/03, come modificato dall'OPCM 3431/05) è:

$$S_a = S a_g / g [3 (1 + z) / (1 + (1 - t)^2) - 0.5]$$

L'ordinata spettrale si riduce pertanto da 2.62 a 2.40.

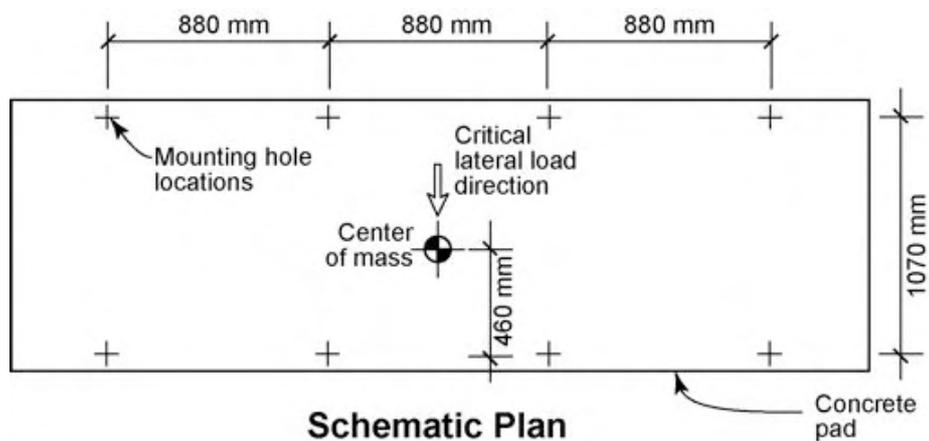


Figura 3-2a: Pianta dei punti di ancoraggio del componente dell' Esempio A

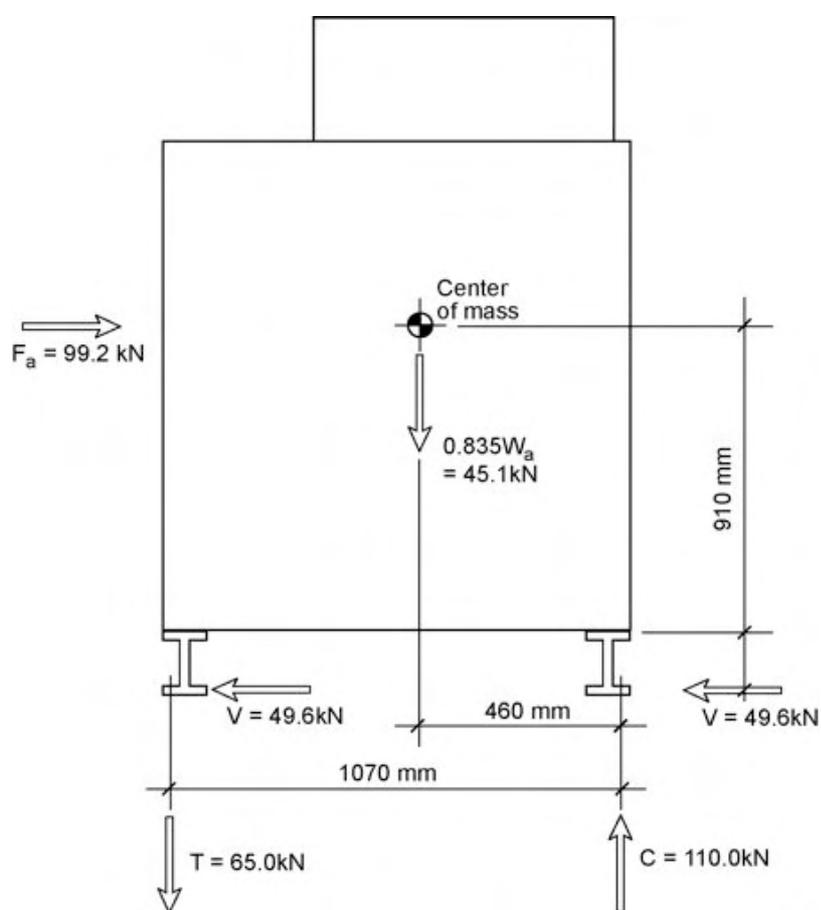


Figura 3-2b: Diagramma schematico delle forze agenti sul componente dell'Esempio A.

I bulloni vengono verificati per una forza di trazione  $T = 16.3 \text{ kN}$  e una forza tagliante  $V = 12.4 \text{ kN}$ . La forza di trazione ammissibile è pari alla minore tra la resistenza dell'acciaio e la forza di adesione tra ancoraggio e calcestruzzo. Come da Tabella 3-1, la forza tensionale ammissibile,  $T_{allow}$ , è pari a  $25.7 \text{ kN}$  valore calcolato in base alla profondità di ancoraggio, e al fatto che la distanza dai bordi della pedana e

dalla spaziatura dei bulloni supera 1.5 volte la profondità di ancoraggio:  $1.5(180 \text{ mm}) = 270 \text{ mm}$ . La forza di taglio,  $V_{allow}$ , è 23.2 kN, valore che in questo caso è uguale al valore di resistenza dell'acciaio <sup>(2)</sup>.

La combinazione di tensione e taglio su un bullone è data dalla seguente equazione di interazione:

$$\begin{aligned} (T/T_{allow})^{5/3} + (V/V_{allow})^{5/3} &\leq 1 \\ (16.3/25.7)^{5/3} + (12.4/23.2)^{5/3} &= 0.818 \leq 1 \end{aligned}$$

Il rapporto  $T/T_{allow} < 1$  conferma che la capacità del bullone è adeguata. La Figura 3-4 illustra la configurazione dei bulloni di ancoraggio progettati.

Tabella 3-1 Valori limite dei carichi per bulloni di ancoraggio ad adesione nel calcestruzzo forniti dal costruttore dei bulloni.

Diametro dell'ancoraggio (mm)	Lunghezza di ancoraggio (mm)	Forza limite di trazione, kN		Forza limite a taglio, kN	
		$f'_c = 14$ Mpa	$f'_c = 28$ MPa	$f'_c = 14$ MPa	$f'_c = 28$ MPa
16	130	17.7	23.3	21.2	30.0
	180	25.7	46.6	42.3	59.8
	250	52.0	57.1	68.9	97.5
	Resist.acciaio:	45.0	45.0	23.2	23.2
20	170	27.0	38.3	36.2	51.1
	250	40.5	66.0	72.8	103.0
	330	67.7	68.1	117.5	166.1
	Resist.acciaio:	55.1	55.1	28.4	28.4

Nota: I carichi limite riportati in tabella per le tre lunghezze di ancoraggio sono relativi allo sfilamento dal calcestruzzo. Essi devono essere ridotti se gli ancoraggi sono spaziati tra loro per meno di 1.5 volte la profondità di ancoraggio o sono distanti dal bordo della pedana meno di 1.5 volte la profondità di ancoraggio. Il carico limite effettivo è il minore tra la resistenza dell'acciaio e la forza di sfilamento dal calcestruzzo.

<sup>2</sup> Se la forza massima resistente tensionale o tagliente è determinata dall'aderenza bullone-calcestruzzo piuttosto che dalla resistenza dell'acciaio, il comportamento dell'ancoraggio è meno duttile e quindi potrebbe essere appropriato diminuire il valore assegnato al fattore di duttilità  $q_a$ . Nella pratica negli Stati Uniti i componenti fissati con ancoraggi non duttili sono progettati per una forza maggiorata equivalente a quella che si ottiene con un valore di  $q_a$  pari a circa 1.5.

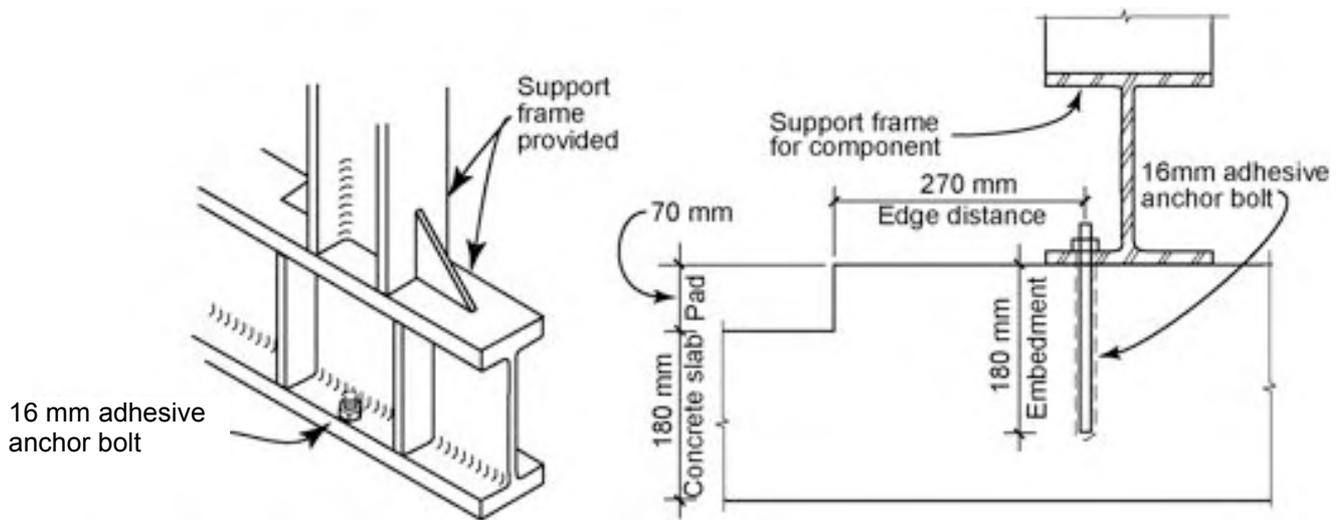


Figura 3-4: Disposizione dei bulloni di ancoraggio.

### 3.2.3.5 Forze sulla struttura e distribuzione delle forze sismiche

Le forze sismiche e il peso proprio agenti alla base del componente sono poi trasferite alla soletta di calcestruzzo armato sottostante e da lì alla struttura. La struttura deve essere verificata per resistere a tali forze.. Le forze di taglio sui bulloni sono trasferite come forze nel piano della soletta sottostante e da lì al sistema strutturale resistente alle forze orizzontali. Il peso del componente e le forze sismiche verticali agenti verso il basso (vedere Figura 3-3) si trasferiscono tramite la flessione e taglio nella soletta fino al sistema strutturale resistente ai carichi verticali. Le forze sismiche agenti verso l'alto — cioè le forze di tensione dei bulloni — vengono contrastate dal peso proprio della soletta di base. In questo esempio si assume che sia la soletta che la struttura sottostante siano in grado di resistere adeguatamente a queste forze aggiuntive.

### 3.2.3.6 Spostamenti relativi dovuti al sisma

Lo spostamento relativo tra unità di raffreddamento e struttura non è preoccupante in quanto né il componente né i suoi ancoraggi attraversano piani adiacenti o giunti di espansione sismica. Il componente è connesso a un condotto contenente cavi elettrici, a un tubo dell'impianto idrico, ed a un tubo per la distribuzione dell'acqua raffreddata. Essendo il componente ancorato più rigido di questi tubi e condotti a cui è connesso, esso non dovrà resistere a forze significative impartite da questi ultimi. Le deformazioni attese del componente ancorato sono anch'esse molto limitate. Pertanto una connessione di tipo flessibile o altri particolari accorgimenti tra il componente e tali tubi e condotti non sono necessari in questo caso.

### 3.2.3.7 Altri aspetti rilevanti

Negli U.S. l'installazione di bulloni di ancoraggio ad adesione richiede una ispezione speciale oppure una progettazione con valori ridotti delle resistenze limite. A volte sono anche richieste prove sperimentali di questi ancoraggi. Per gli ancoraggi ad adesione l'aspetto più critico dell'ispezione è il controllo del foro di ancoraggio che deve essere pulito con aria compressa e una spazzola a setole di nylon prima dell'iniezione della resina epossidica. Un ancoraggio non effettuato correttamente può avere una resistenza finale molto inferiore a quella attesa. La normativa italiana non richiede esplicitamente questo tipo di ispezioni speciali ai bulloni di ancoraggio ad adesione. Esse sono previste in genere dai documenti di progetto o di contratto.

## 3.3 Schede

Nelle pagine seguenti si riportano le schede specifiche per i diversi componenti.

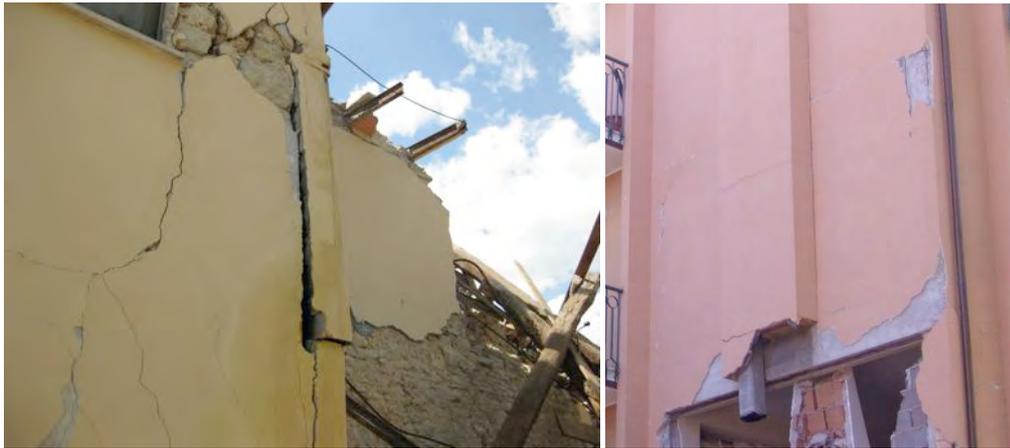
# CANNA FUMARIA

1

Le canne fumarie realizzate in materiale diverso da quello della struttura muraria in cui sono inglobate, hanno una risposta sismica indipendente. Sono quindi degli elementi di discontinuità nelle murature.

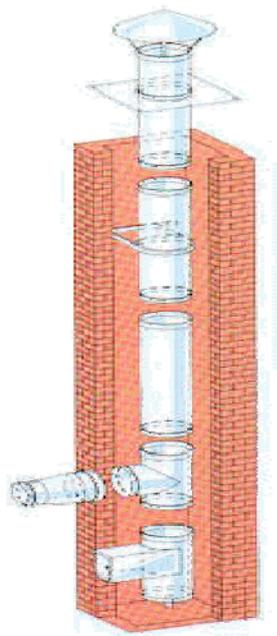
## DANNO

L'evento sismico può generare distacco, successivo ribaltamento o espulsione della canna fumaria.



## INTERVENTO

Il principale intervento mira a rendere maggiormente solidale la canna fumaria con il resto della struttura mediante l'intubamento con canne in acciaio e con ancoraggi meccanici. Per diminuire il rischio di espulsione dei materiali costituenti la canna fumaria si applica esternamente una rete metallica flessibile ancorata alle strutture confinanti.



Gli elementi di allontanamento dei fumi sono prevalentemente di due tipi:

- 1- Posizionati in copertura
- 2- Addossati direttamente alla struttura

Entrambi sono suscettibili a danneggiamento perché sono strutture snelle.

### DANNO

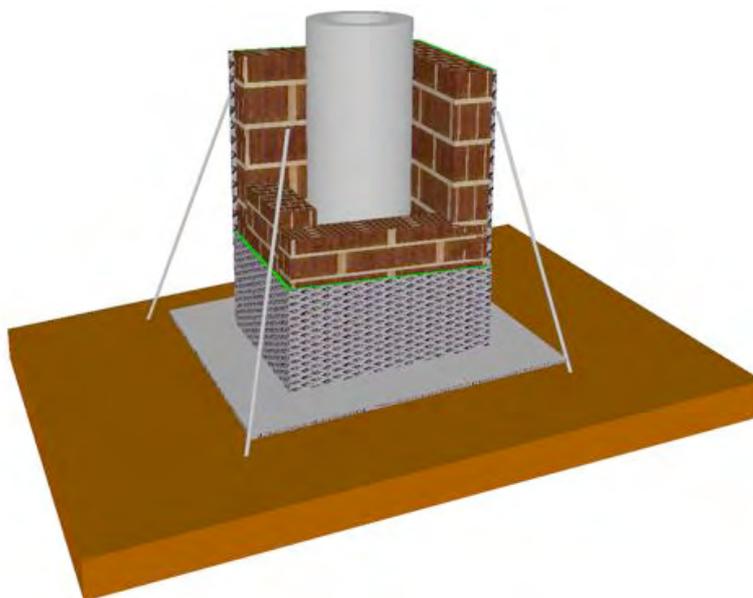
- 1- Comignoli in copertura: Tale elemento, posizionato successivamente, presenta delle significative discontinuità strutturali e materiche, particolarmente vulnerabili alle azioni di taglio e oscillatorie generate da un sisma.
- 2- Comignoli addossati: Elemento prevalentemente esterno con sistema oscillatorio indipendente dalla struttura principale. Un ancoraggio inadeguato genera delle tensioni localizzate, portandolo al collasso.



### INTERVENTO

Scopo dell'intervento è evitare che l'elemento danneggiato precipiti al suolo.

In fase di progetto limitare la snellezza del comignolo. Nei manufatti esistenti inserire una canalizzazione in acciaio, su tutta la lunghezza del sistema, che permette la riduzione del danno. Per limitare ulteriormente il rischio di crollo, è opportuno incamiciare il comignolo con una rete metallica flessibile che si prolunga fino alla copertura, posizionando poi dei controventi o angolari metallici adeguatamente ancorati nella struttura della copertura.



Il controsoffitto è sospeso al solaio soprastante mediante dei supporti cilindrici ancorati alla struttura a reticolo delle travi di supporto dei pannelli. Viene appoggiato anche a tutto il perimetro dell'ambiente in cui è collocato, attraverso delle travi angolari.

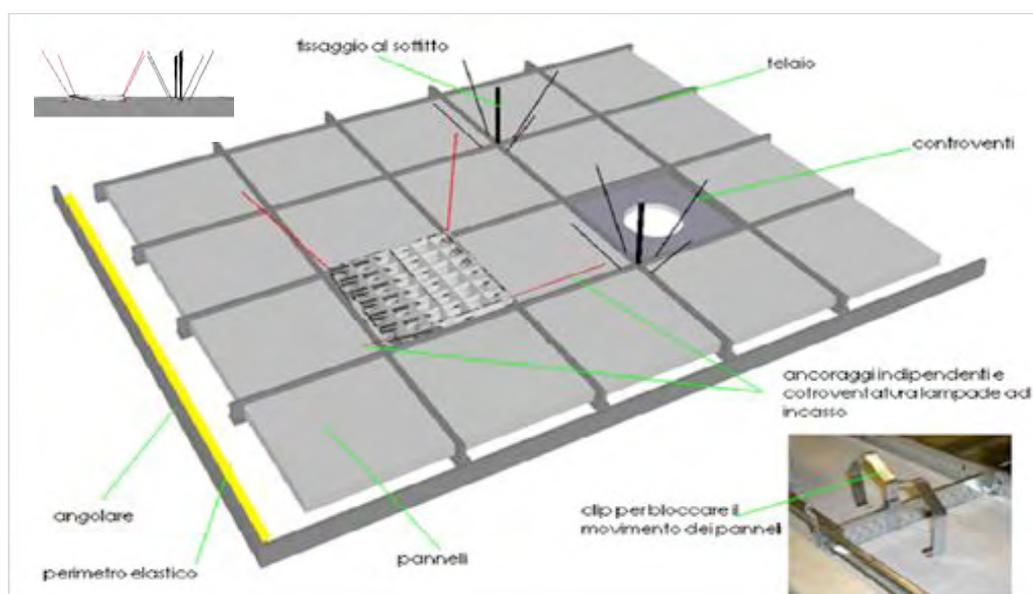
## DANNO

L'oscillazione del telaio di supporto dei controsoffitti se non ancorato o controventato, può provocare l'apertura di spazi tra i supporti, spazi che possono causare a loro volta la caduta di pannelli e lampadari. Il collasso dell'intera griglia di supporto è spesso causata dal carico addizionale dovuto ai lampadari non ancorati alla struttura. Altri tipi di danno ai controsoffitti sono dovuti al martellamento in corrispondenza della sommità delle partizioni e degli sprinkler. Il martellamento è dovuto ad uno spazio insufficiente tra partizione e controsoffitto. La limitazione dei movimenti orizzontali di un controsoffitto sospeso è dovuta soprattutto al contatto tra controsoffitto e pareti perimetrali.



## INTERVENTO

E' necessario ridurre il peso sul controsoffitto, rendendo autoportanti le lampade da incasso, limitando le strutture passanti attraverso il componente( come proiettori e video ), al fine di ridurre fenomeni di martellamento causati da oscillazioni a pendolo di intensità diverse. Vista l'impossibilità di eliminare il moto orizzontale del controsoffitto, bisogna evitare che eccessivi spostamenti portino al crollo dei pannelli o peggio degli elementi incassati. Si agisce quindi con una opportuna controventatura dell'elemento, creando un perimetro elastico agli angolari, per permettere dei movimenti di assestamento al fine di evitare concentrazioni localizzate delle tensioni.



Elementi architettonici con funzione di coronamento superiore dell'edificio.

## DANNO

Elementi poco elastici che spesso non si adattano al movimento della struttura a cui sono ancorati. L'evento sismico può causare limitate fessurazioni o il totale distacco.



## INTERVENTO

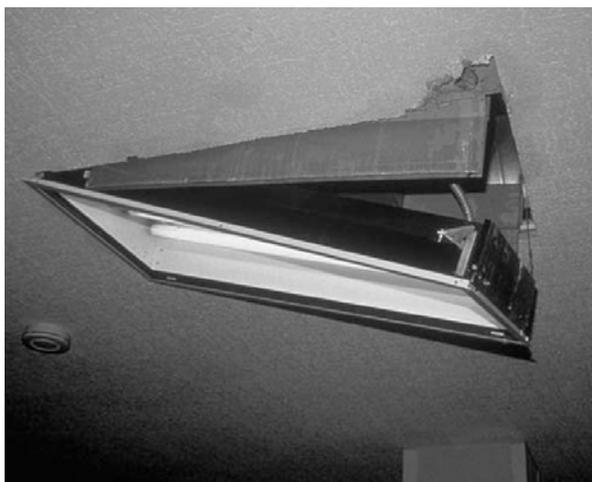
Scopo dell'intervento è quello di ridurre il peso dell'elemento e di aumentarne l'elasticità. Oltre alla soluzione tradizionale di ripristino, da accompagnare con idonei elementi di continuità, una soluzione si basa sull'utilizzo di elementi in polistirene che, anche in caso di caduta riducono il rischio di danni a persone e cose.



Le fonti di illuminazione artificiale, presenti nelle strutture analizzate sono di vario tipo. Ci sono lampade incassate nei controsoffitti, neon appesi con catene e luci singole di tipo industriale. Oltre a un rischio diretto di ferimento, c'è la possibilità che il danneggiamento di queste luci renda difficile la fuga e il soccorso a seguito di un evento sismico.

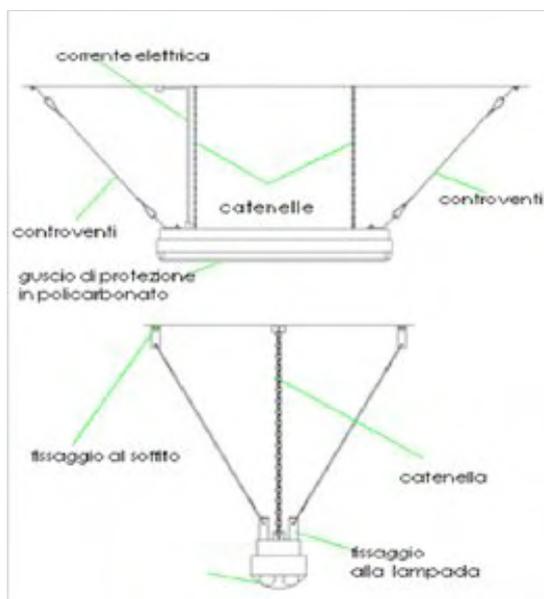
## DANNO

Il danno più comune che queste componenti possono subire è dato dalle oscillazioni indotte dal moto sismico. Incontrando degli ostacoli o i muri perimetrali dei locali, possono rompersi le lampade, facendo cadere a terra frammenti di vetro. Il rischio è ben più grave quando, a causa di sistemi di sospensione inadeguati, tutto il sistema rovina a terra, con un elevato pericolo per le persone sottostanti.



## INTERVENTO

Il pericolo di caduta dei lampadari appesi con catena, può essere mitigato installando al supporto, dei controventi che impediscano gravi spostamenti ed assecondino le oscillazioni causate dal sisma; inoltre essi possono fungere da sostegno autoportante, in caso di sostituzione dei supporti originali. Per i neon a fissaggio superficiale, la messa in sicurezza consiste nell'utilizzo di ancoraggi, con l'interposizione di materiale adeguato che dissipi parzialmente l'urto.



Strutture in muratura di notevole peso, spesso realizzate senza un adeguato sistema di connessione del paramento murario negli angoli.

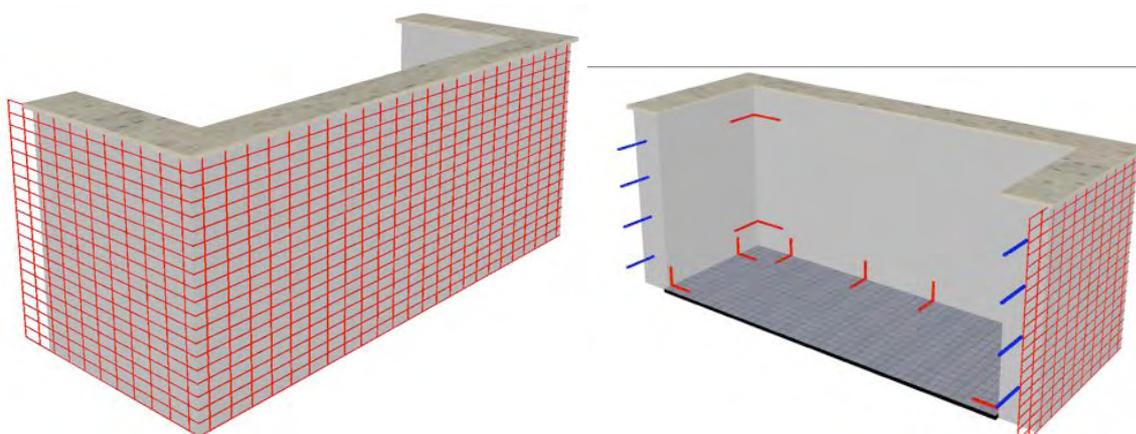
### DANNO

Il danno principale a carico dell'elemento si evidenzia prevalentemente nell'interruzione della continuità strutturale, in corrispondenza degli angoli di connessione. Venendo a mancare tale continuità, i lati del parapetto si muovono indipendentemente con elevato rischio di ribaltamento. Particolare attenzione va posta all'ancoraggio delle predette reti con gli elementi portanti. Tale ancoraggio può essere realizzato con ancoranti chimici o a secco, convenientemente distanziati e raccordati alla rete.



### INTERVENTO

Per evitare il danno di espulsione, dovuto alla separazione degli elementi, bisogna rendere solidali gli angoli del parapetto ed ancorarlo alla base per mezzo di supporti in acciaio. Per limitare la caduta di calcinacci rivestire con reti metalliche o in fibra di vetro.



Strutture utilizzate per la partizione di ambienti interni. Composte da profili in acciaio o alluminio, sui quali vengono posizionate e fissate delle lastre in cartongesso, poi rivestite.

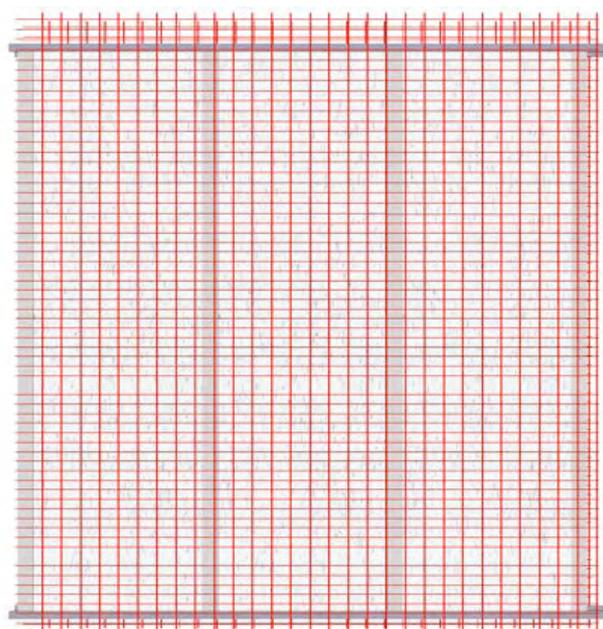
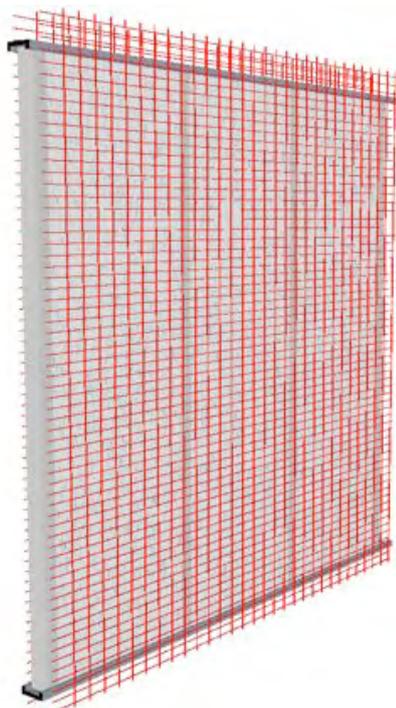
## DANNO

Struttura eterogenea caratterizzata da sistemi di fissaggio che possono essere labili. Le sollecitazioni indotte portano alla variazione geometrica del supporto con possibile espulsione delle lastre, coinvolgendo aree più o meno estese, fino al completo ribaltamento della partizione.



## INTERVENTO

Il telaio deve essere saldamente ancorato alla struttura in cui si inserisce. Al fine di evitare la fuoriuscita dei pannelli, lungo la cornice perimetrale deve essere posto tra i montanti e i pannelli o una resina/schiuma ammortizzante o degli adesivi auto espandenti. Sulla superficie finita andrà applicata una rete in acciaio o in fibra di vetro al fine di contenere l'espulsione di frammenti di lastre e la fuoriuscita dei montanti.



Sono pavimentazioni sempre più diffuse, specialmente in ambienti che richiedono una flessibilità di utilizzazione dello spazio, una elevata presenza di reti e impianti. E' una soluzione che viene spesso utilizzata nelle ristrutturazioni leggere di uffici.

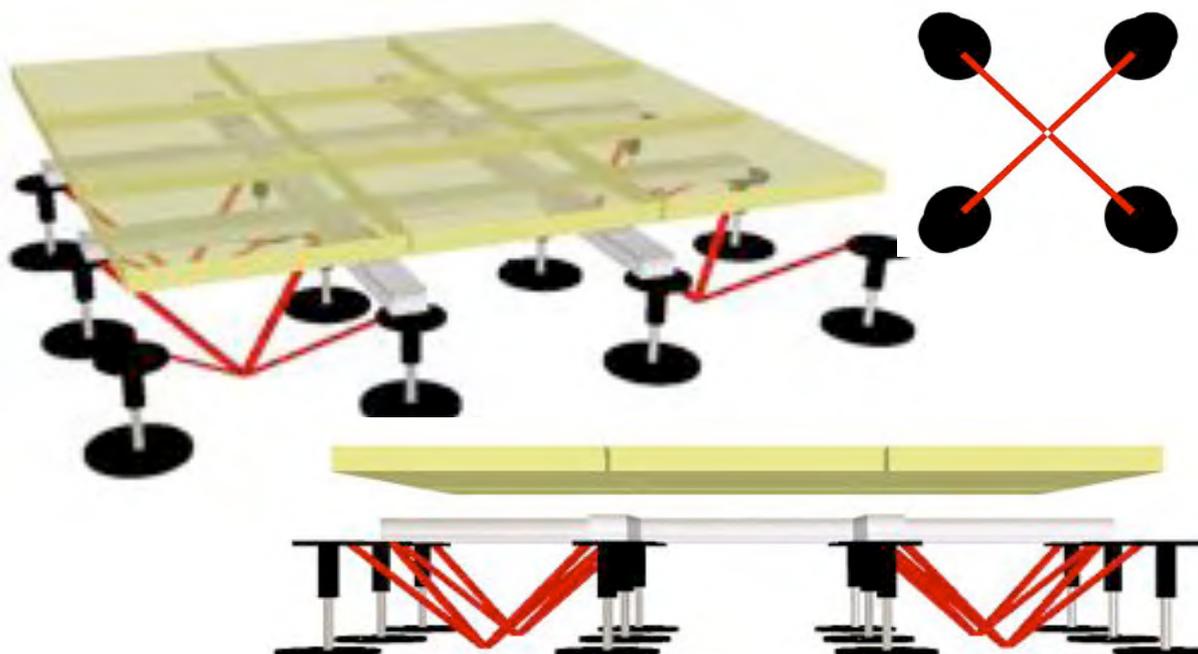
### DANNO

I danni più frequenti, sono attribuibili alla variazione geometrica che il reticolo strutturale di supporto subisce a causa di un evento sismico, causando lo sprofondamento dei pannelli che costituiscono il piano di calpestio e di appoggio. Si hanno quindi dei danni diretti e dei danni indiretti conseguenti all'inghiottimento delle componenti di arredo superficiale, che possono rimanere a loro volta danneggiate.



### INTERVENTO

Obiettivo degli interventi è impedire che la struttura reticolare di sostegno possa avere dei movimenti indipendenti facendo crollare i pannelli e ridurre le sollecitazioni taglienti alla base. Si propone una controventatura incrociata dei componenti orizzontali e verticali del pavimento sopraelevato modulare, che trasmettono al piano di appoggio le sollecitazioni meccaniche gravanti sul pannello. La controventatura nella parte centrale va fissata al pavimento fungendo da tirante neutro all'insieme della struttura.



Il solaio non è solo chiamato a trasmettere i carichi verticali alle travi ed ai pilastri, ma svolge anche una sua funzione fondamentale come diaframma orizzontale.

### DANNO

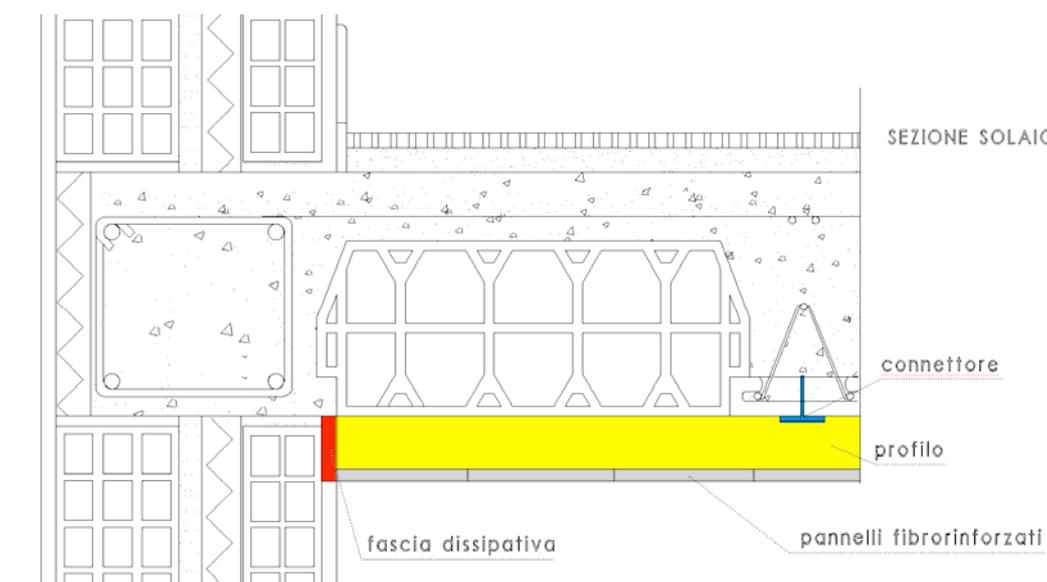
Un sisma, trasmette delle sollecitazioni alla struttura creando dei movimenti nel solaio che, pur non raggiungendo la fase di collasso, può subire dei danneggiamenti.

Il più frequente danno è dato dalla caduta degli intonaci, che sono rivestimenti fragili e poco elastici; i materiali precipitati, possono avere rilevanti dimensioni con superfici di distacco estese. Un altro danno molto frequente è lo sfondellamento, ossia il distacco e la successiva caduta delle cartelle inferiori dei blocchi di alleggerimento inseriti nei solai in cemento armato, a causa della non corretta realizzazione del solaio o dell'utilizzo di laterizi con errato allineamento dei fori ed inadeguato impasto.



### INTERVENTO

Dopo avere verificato la parte inferiore del solaio con termografie e battiture rimuovendo le eventuali parti ammalorate, si realizza una controsoffittatura con lastre in gesso fibrorinforzate. Queste vengono ancorate attraverso dei profili zincati ai travetti del solaio. Nel caso questi non fossero idonei si dovrà fissarli alla parte della cappa in cls compressa. Per evitare il fenomeno del martellamento, attorno al perimetro del controsoffitto, si dovrà inserire una fascia in materiale sismo-dissipativo. Il sistema così ottenuto eviterà la caduta di frammenti durante altri eventi sismici.



L'uso delle superfici vetrate, sia nelle attività commerciali che nelle abitazioni, è in costante crescita. Il vetro è caratterizzato da una estrema fragilità, che mal sopporta anche piccoli spostamenti strutturali, inevitabili durante un evento sismico, ma che comportano la variazione geometrica del serramento inducendo forti torsioni e compressioni sul vetro.

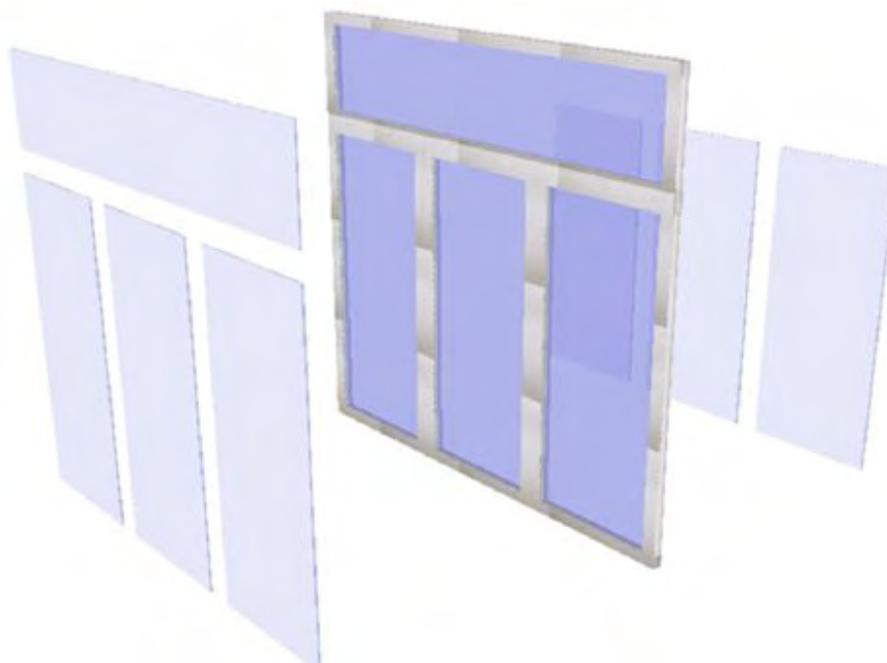
## DANNO

La rottura del vetro, porta alla formazione di schegge di varie dimensioni, pericolose sia per gli occupanti delle stanze, sia per le persone che si trovano a transitare nelle vicinanze dei serramenti.



## INTERVENTO

Per ridurre i rischi in caso di rottura dei vetri, si possono applicare delle pellicole di sicurezza. Queste pellicole, applicate a caldo, sono in grado di trasformare un semplice vetro in un vetro di sicurezza a norma Europea EN 12543 \* ( 2B2 e 3B3 ). Quindi, anche in caso di rottura, il vetro verrà tenuto insieme dalla pellicola evitando la dispersione di frammenti più o meno grandi, sia verso l'interno che verso l'esterno. Questi rivestimenti hanno uno spessore inferiore a mezzo millimetro e garantiscono una perfetta trasparenza.



Le tegole, sistema di copertura diffuso, sono ancorate prevalentemente con malta a file e nelle parti non cementate rimangono in sede per peso proprio e sovrapposizione.

## DANNO

A seguito dell'evento sismico, l'inadeguato o insufficiente sistema di ancoraggio delle tegole, può innescare un meccanismo a catena con crollo anche di consistenti porzioni di copertura.



## INTERVENTO

Per diminuire il rischio di stacco, scivolamento e caduta, bisogna aumentare i punti di ancoraggio fissi, da 3 corsi di norma a ogni corso, al fine di rendere meno estese le aree soggette a possibili crolli. Per diminuire i rischi di caduta dei singoli elementi bisogna utilizzare i dispositivi metallici di ancoraggio sia ferma coppo, sia rompitratta che vanno ancorati alla struttura.



Solitamente questi componenti, vengono semplicemente addossati alla parete, senza nessun elemento di ancoraggio dedicato. Vengono riempiti con faldoni e contenitori molto pesanti, senza curarsi della distribuzione dei pesi al loro interno. Trovano così collocazione, nei ripiani più alti i pesi maggiori, che raggruppano di solito il materiale utilizzato più raramente e nei piani più bassi e comodi il materiale di più frequente consultazione o utilizzo.

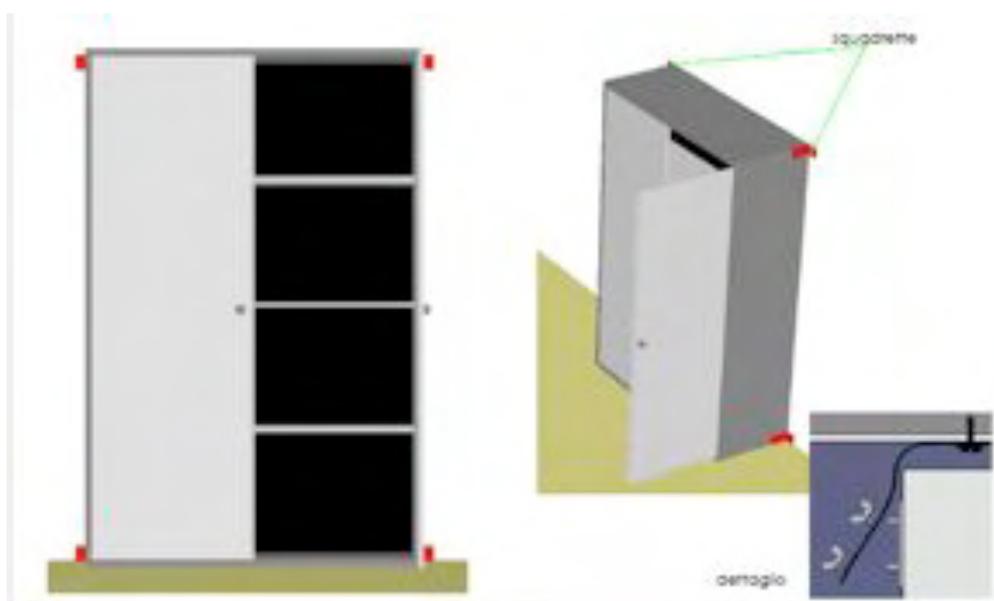
## DANNO

La collocazione tipica di questi componenti può innescare, anche a seguito di un evento sismico lieve, pericolosi fenomeni oscillatori nel componente, con un'alta probabilità di ribaltamento dello stesso.



## INTERVENTO

L'intervento consigliato consiste nel posizionare delle squadrette in metallo, fissate ai lati dell'armadio per evitare che si rovesci a seguito di un evento sismico. Risulta utile anche un sistema aggiuntivo di chiusura di sicurezza per le ante.



I laboratori, data la presenza di notevoli quantità di materiali chimici, sono estremamente vulnerabili ad un evento sismico. Le sostanze contenute nei flaconi possono essere dannose per contatto, per inalazione o come inneschi per incendi.

## DANNO

In caso di evento sismico di notevole entità, gli arredi slitterebbero in tutte le direzioni, facendo cadere al suolo tutti gli oggetti contenuti. La collocazione tipica di questi componenti può innescare, anche a seguito di un evento sismico lieve, pericolosi fenomeni oscillatori nel componente, con un'alta probabilità di ribaltamento dello stesso.



## INTERVENTO

L'intervento consigliato consiste nel posizionare delle squadrette in metallo ai lati dell'armadio, fissate al muro, per evitare che si capovolga a seguito di un evento sismico ed in aggiunta un sistema di chiusura di sicurezza per le ante. Per le scrivanie l'intervento si attua posizionando degli ancoraggi alla base, che ostacolino lo slittamento, ma consentano al componente qualsiasi adeguamento nell'arredo.

Con costi relativamente contenuti è possibile mettere in sicurezza tali componenti con una minima interferenze alle attività della struttura.



A volte, per necessità di spazio, vengono collocate delle apparecchiature elettroniche, di rilevante su mobili che di per sé sarebbero sufficientemente stabili, ma che con un peso aggiuntivo così rilevante, cambiano radicalmente il posizionamento del baricentro dell'insieme, aumentando i rischi di ribaltamento. Lo stesso rischio vale per quelle apparecchiature informatiche, come computer e monitor che rappresentano oggi un elemento costante e fondamentale per la gestione dell'ufficio.

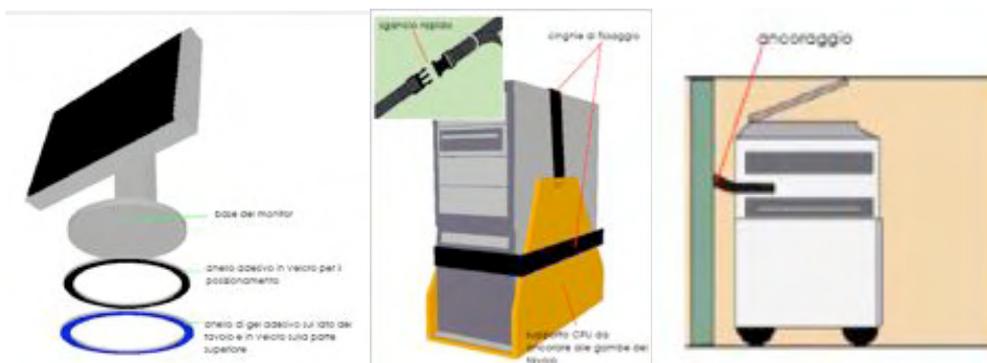
## DANNO

Caduta e conseguente rottura delle apparecchiature che trovano posto su questi supporti inadeguati. Il rischio è particolarmente elevato per i monitor lcd a schermo piatto di ultima generazione, che per la loro geometria risultano particolarmente vulnerabili al ribaltamento.



## INTERVENTO

Per i monitor l'intervento più efficace è volto a ridurre la possibilità che l'apparecchio possa rovesciarsi. Vengono realizzati due anelli dello stesso diametro della base di appoggio della struttura: il primo, che sarà a diretto contatto con il tavolo, è fatto con un sottile strato di gel con una superficie in Velcro, che andrà a combaciare con l'anello soprastante; il secondo anello pure in Velcro, verrà incollato alla base del monitor. Questo sistema permette di resistere a urti di una certa intensità e rende possibile il ricollocamento del monitor in altre posizioni sul tavolo operativo, cambiando solo l'anello adesivo. Per quanto riguarda la CPU, scopo fondamentale è impedire al case di rovesciarsi, per scongiurare il danneggiamento della componente hardware interna e il danneggiamento delle prese di collegamento con i cavi esterni. La riduzione del danno alla strumentazione è potenzialmente molto efficace, garantendo al contempo una elevata flessibilità nell'ipotesi di manutenzione o sostituzione del componente. Il tutto viene realizzato con un sistema di cinghie a sgancio rapido che pur non intaccando la struttura dell'elemento, consente dei piccoli spostamenti di assestamento, ma non permette al componente di cadere al suolo. Per le fotocopiatrici l'intervento è volto ad ancorare in maniera solida il supporto alla parete, attraverso cinghie o fermi riposizionabili.



I generatori di emergenza, soprattutto in alcune tipologie di edifici (ad es. commerciali), servono a garantire un periodo di autosufficienza dell'impianto elettrico virtualmente illimitato, o almeno fino a quando non si esaurisce il carburante. Queste apparecchiature sono molto pesanti, producono rumore e vibrazioni e per questo sono spesso collocate in ambienti dedicati. I macchinari pesanti si collegano al terreno attraverso appoggi relativamente snelli e sono soggetti a scivolamento laterale o a ribaltamento. Le stesse considerazioni valgono per i motori delle apparecchiature.

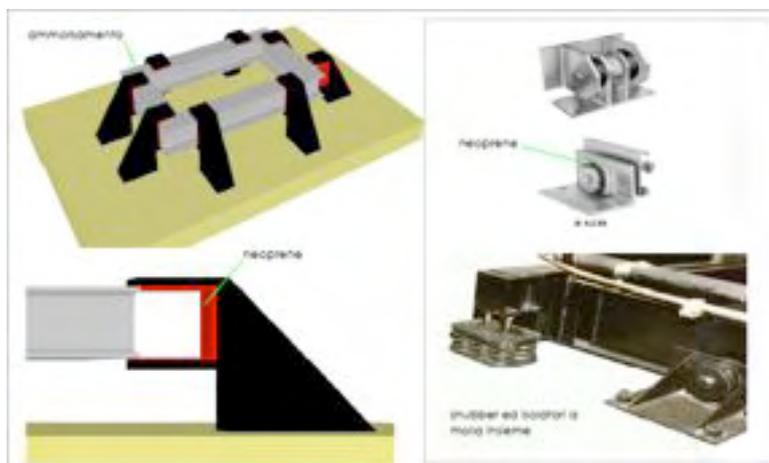
## DANNO

In caso di evento sismico di notevole entità, difficilmente reggerebbe a delle sollecitazioni taglienti che romperebbero i supporti e farebbero scivolare il generatore lateralmente, forse rovesciandolo. L'elemento è rigidamente unito alle derivazioni elettriche, che sicuramente si strapperebbero bloccando istantaneamente l'approvvigionamento elettrico al complesso. Inoltre la batteria che funge da starter al sistema non è vincolata efficacemente alla struttura con il rischio che possa rovesciarsi danneggiandosi e interrompendo l'erogazione al generatore.



## INTERVENTO

L'intervento fondamentale da porre in essere su questo componente, serve ad ancorare il telaio di supporto al pavimento. Questo si ottiene attraverso dei dispositivi che limitano i movimenti orizzontali indotti dal sisma chiamati "snubber" e isolatori sismici a molla che ammortizzano gli spostamenti verticali. Gli "snubber" sono degli elementi in acciaio che vincolano il telaio alla base come in una morsa. Fra telaio e "snubber" viene interposto uno spessore in neoprene sostituibile chiamato "bushing" che serve a smorzare le forze di impatto. Gli "snubber", devono essere posizionati in modo da garantire un spazio libero tra gli stessi e il telaio da 3 a 10 mm, per permettere piccoli spostamenti prima di entrare in azione opponendo resistenza.



Le scaffalature metalliche per carichi pesanti, differiscono poco dal punto di vista concettuale, da quelle usate negli uffici o nelle abitazioni. Cambia totalmente il progetto.

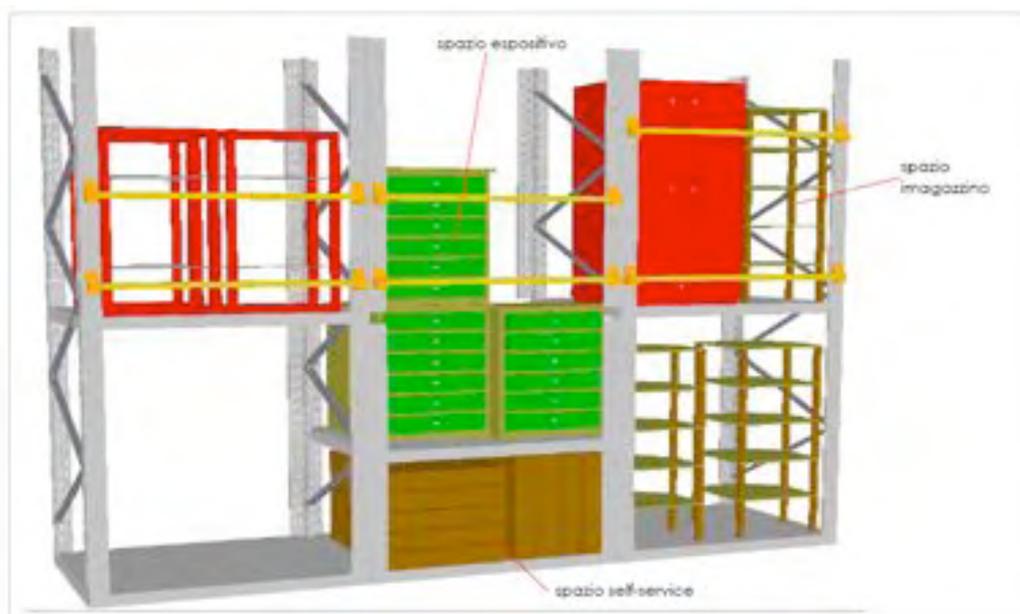
### DANNO

Poiché entrano in gioco carichi rilevanti su strutture, sostanzialmente snelle e leggere, queste se non opportunamente dimensionate, ancorate o controventate, possono essere soggette a pesanti fenomeni di instabilità o di crollo.



### INTERVENTO

L'intervento fondamentale da porre in essere su questo componente, serve ad ancorare l'elemento destinato alla esposizione al pianale dello scaffale (in maniera meno evidente e lesiva possibile). Un secondo intervento proposto, deve ridurre la possibilità che oggetti pesanti non fissabili o stoccati nei ripiani in alto cadano al suolo. La soluzione che ancora una volta ci sembra la più efficace, è quella delle barre di contenimento riposizionabili. Questo permette di proteggere dalla caduta oggetti che nel tempo, per le modificate strategie di vendita, venissero sostituiti con altri di diverse dimensioni. N.B. La massima altezza di posizionamento della barra singola dal ripiano è a 0,5 - 0,75 h dell'altezza del prodotto esposto.



I server sono gli elementi fondamentali per l'archiviazione dei dati in formato elettronico. Una volta erano dei componenti riservati esclusivamente a realtà di grandi dimensioni, che richiedevano il trattamento di consistenti quantità di dati. Oggi i server, anche a causa dell'aumentare della necessità di trattare dati per moltissime realtà, sia commerciali che produttive, hanno trovato collocazione in molti ambienti di fortuna, addossati magari ad altre apparecchiature. I cabinet dei server, per loro geometria strutturale, sono elementi molto snelli e pesanti con un elevato indice di ribaltamento.

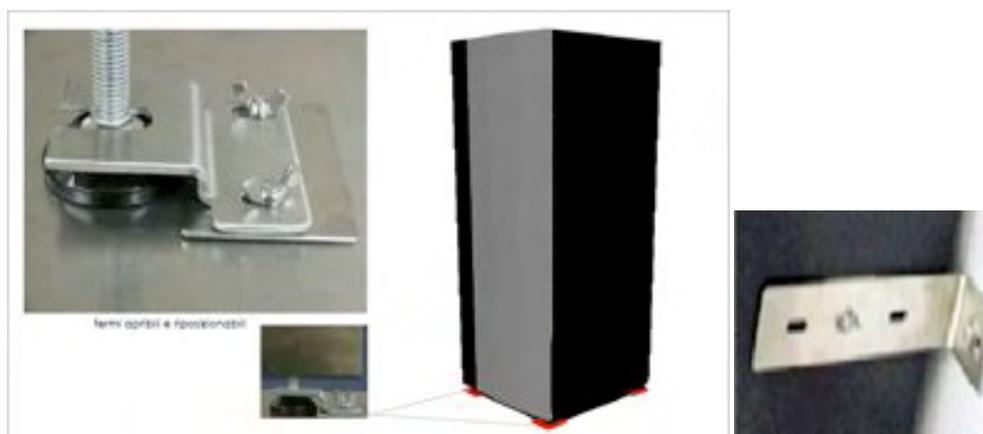
## DANNO

Il server, nel caso studio è inserito in un rack molto snello, affiancato da tutta una serie di apparecchiature incassate in mobiletti dedicati, con ante in vetro trasparente. C'è una vulnerabilità diretta, con un rischio di ribaltamento laterale minimo, soprattutto per la contiguità fisica con le altre apparecchiature. Il rovesciamento frontale è invece possibile, essendo l'apparecchio molto pesante e non soggetto a slittare sugli appoggi, che possono innescare momenti di ribaltamento. Il rischio potrebbe essere di tipo indiretto essendo le connessioni elettriche successive alla realizzazione dell'immobile con tratti ancorati in maniera rigida alla parete, che potrebbero subire sfilamenti a seguito di un evento sismico.



## INTERVENTO

L'intervento ha come obiettivo l'ancoraggio del server al pavimento, per evitare che si inneschino fenomeni di ribaltamento. Data la posizione in centro stanza non ci si può servire di pareti di appoggio. I fermi blocca piedini possono essere aperti facilmente, per permettere il ricollocamento e la manutenzione dell'apparecchiatura.





---

# Bibliografia

- ATC-21, FEMA 154, *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazard: A Handbook*, 1988.
- ATC-21-1, FEMA 155, *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazard: Supporting Documentation*, 1988.
- FEMA 178, *NEHRP Handbook for the Seismic Evaluation of Existing Buildings*, BSSC 1992.
- FEMA 74, *Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage*, 1994.
- FEMA 273, *NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*, 1997.
- ATC-51-2, *Recommended U.S. – Italy collaborative guidelines for bracing and anchoring non-structural components in Italian hospitals*, 2003.
- Dolce M., A. Masi, C. Moroni, A. Martinelli, G. Cifani, G. Cialone e A. Lemme, *Linee guida per la valutazione della vulnerabilità degli edifici scolastici*, CNR – Regione Molise, 2003.
- Ordinanze del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274/2003, 3316/2003, 3431/2005.
- Rettore G.F., Gregolo S. *Vulnerabilità sismica degli elementi non strutturali di un edificio* Tesi di laurea, IUAV, Venezia.
- Dell’Isola F., A. De Sortis, C. Francisci, G. Poggetti, F. Vestroni, *Analisi della vulnerabilità sismica di edifici scolastici*. Convenzione di Ricerca tra il Comune di Cisterna di Latina e il Dipartimento di ingegneria strutturale e geotecnica dell’Università di Roma “La Sapienza”, luglio 2007.
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 12 ottobre 2007 (S.O. alla G.U. n. 24 del 29 gennaio 2008).
- D.M. 14.1.2008 *Norme tecniche per le Costruzioni* e relativa Circolare 2.2.2009 n. 617 C.S.LL.PP.
- Comitato Italiano Gas, *Linee guida per l’applicazione della normativa sismica nazionale alle attività di progettazione, costruzione e verifica dei sistemi di trasporto e distribuzione per gas combustibile*, aprile 2009, [www.cig.it](http://www.cig.it).
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, *Linee Guida per il rilevamento della vulnerabilità degli elementi non strutturali nelle scuole (Intesa rep. 7/CU del 28/01/2009)*, [www.cslp.it](http://www.cslp.it).



---

# Estensori delle linee guida

Adriano De Sortis  
Dipartimento della Protezione Civile  
adriano.desortis@protezionecivile.it

Giacomo Di Pasquale  
Dipartimento della Protezione Civile  
giacomo.dipasquale@protezionecivile.it

Mauro Dolce  
Dipartimento della Protezione Civile  
mauro.dolce@protezionecivile.it

Stefano Gregolo  
Architetto libero professionista in Verona  
Tel. 392 7050557  
studio@architettogregolo.it

Simona Papa  
Dipartimento della Protezione Civile  
simona.papa@protezionecivile.it

Giovanna Francesca Rettore  
Architetto libero professionista in Padova  
Tel. 348 0977928  
info@architettorettore.it

