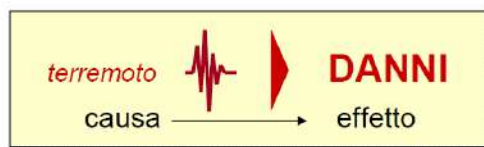




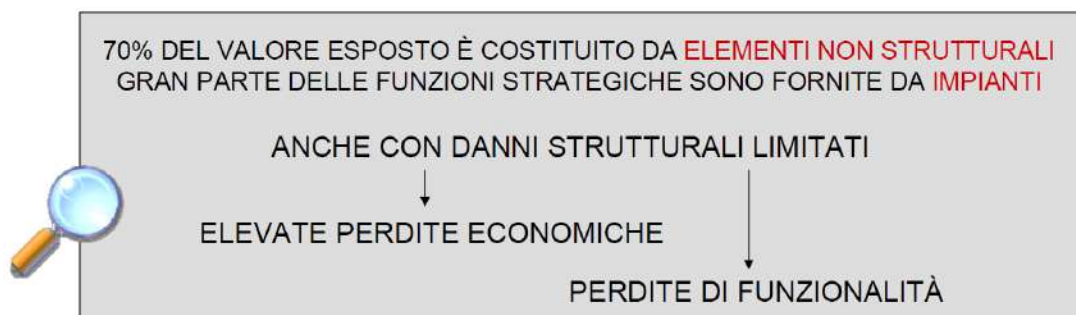
IMPIANTI - PROGETTAZIONE ANTISISMICA

IMPATTO DEI TERREMOTI



- 1 DANNI FISICI AGLI EDIFICI E INFRASTRUTTURE
- 2 DANNI ALLE PERSONE
- 3 PERDITE ECONOMICHE E FUNZIONALI

EDIFICI MODERNI



TIPOLOGIE DI DANNO SISMICO RICORRENTE

Attrezzature/Componenti	Danni potenziali
Caldaie	Scorrimenti Rottura di condutture gas / combustibile e gas di scarico Rottura/curvatura linee a vapore e di sfato
Refrigeratori	Scorrimento, ribaltamento Perdite di refrigerante Perdita di funzione
Generatori di emergenza	Rottura degli isolatori di vibrazioni Rottura linee rotture di carburante, di segnale e di potenza Rotture linee di scarico Perdita di funzione
Pompe antincendio	Rottura ancoraggi Disallineamento tra la pompa e motore Rotture tubazioni
Riserve d'acqua	Rottura della vasca, della cisterna o del serbatoio Rotture delle tubazioni
Sistemi di comunicazione	Scorrimento, ribaltamento o rovesciamento Perdita della funzione
Trasformatori principali	Scorrimenti Perdite d'olio Rottura della boccola Perdita di funzione
Quadri elettrici principali	Scorrimenti e ribaltamenti Rotture condutture Danneggiamento bus elettrici
Ascensori (trazione)	Fuoriuscita dei contrappesi dalle guide Uscita delle funi dalle pulegge Dislocazione attrezzature
Altre attrezzature fisse	Scorrimento o rovesciamento, Danni alle apparecchiature adiacenti Perdita della funzione
Condotti	Collasso, separazione, perdite, fumi
Tubazioni	Rotture Perdite
Lampade e faretto e diffusori HVAC incassati	Distacco dai controsoffitti Interazione negativa tra controsoffitto ed elementi impiantistici

Componente	Danni potenziali
Controsoffitti sospesi	Dislocazione delle piastre Danni sul perimetro Separazione e piegatura delle guide di sostegno Interazione negativa tra sistemi impiantistici e controsoffitto
Partizioni	Collasso (ad esempio, ribaltamento) Rotture/perdite impianti pignanti/collegati alla partizione
Pavimenti sopraelevati	Separazione tra i moduli Collasso (possibile interazione con impianti sottostanti o ancorati al solaio)

COMPONENTI
NON STRUTTURALI
IMPIANTISTICI

ELEMENTI
NON STRUTTURALI
INTERAGENTI

DISLOCAZIONI
ROTTURE
RILASCI
CROLLI INDOTTI

criticità da interazione

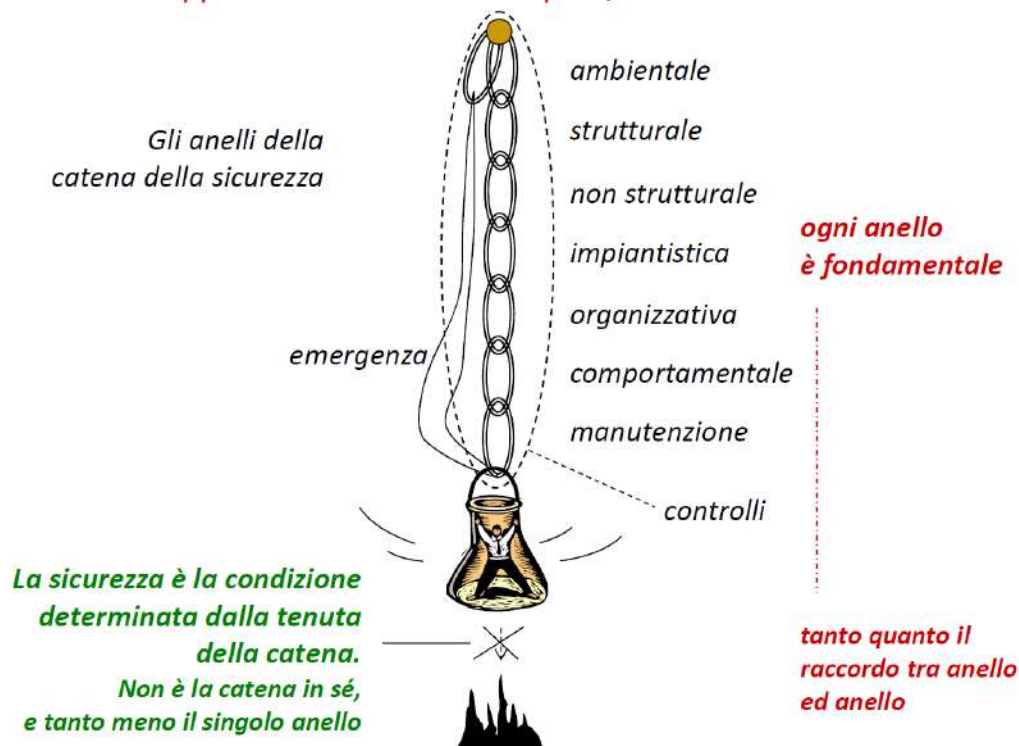
ELEMENTI STRUTTURALI

↔ IMPIANTI ↔ ELEMENTI NON STRUTTURALI



LA METAFORA DELLA CATENA

“la sicurezza è appesa ad una catena di aspetti/tutele”



APPROCCIO OLISTICO: SICUREZZA EFFETTIVA

Nel valutare la **sicurezza sismica** è necessario prendere in considerazione **tutte le situazioni** che possono provocare infortuni o vittime (perdite) come conseguenza del terremoto.

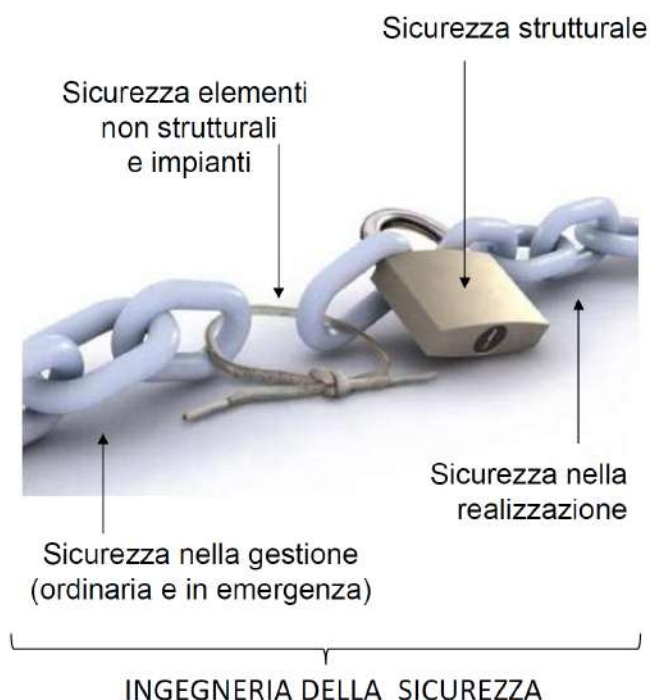


APPROCCIO OLISTICO

*interdisciplinare
coordinato*



CATENA DELLA SICUREZZA



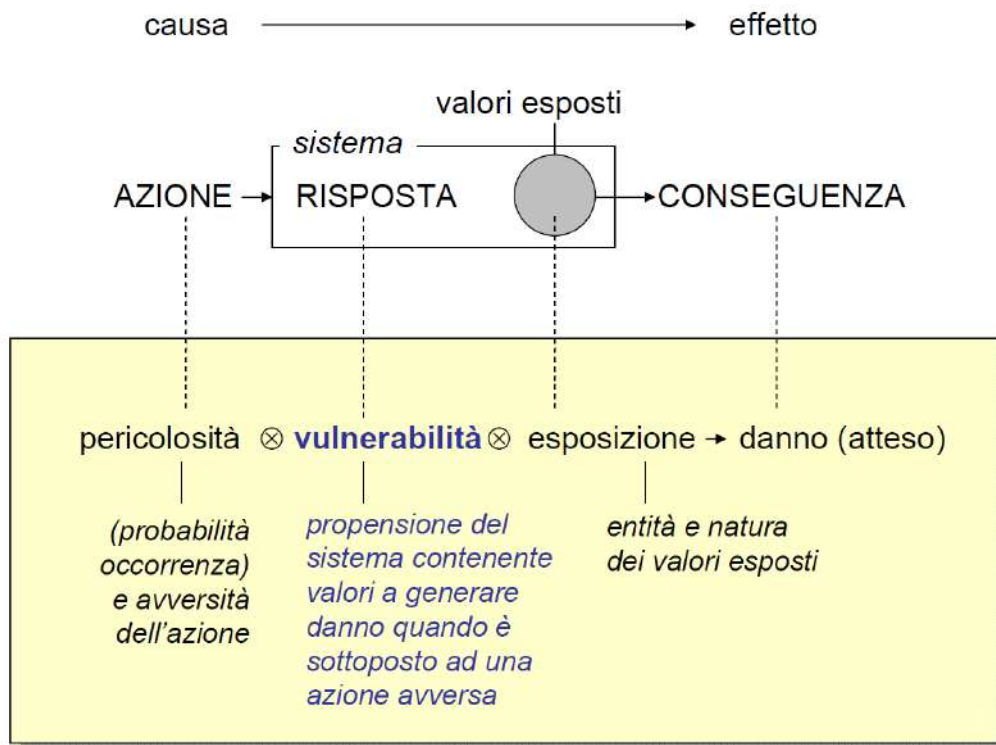
LA SICUREZZA RICHIEDE DI:
costruire una catena di azioni/elementi

LA SICUREZZA DIPENDE:
dall'anello più debole

NON HA SENSO:
irrobustire in modo autonomo e indefinito i singoli anelli

BISOGNA PUNTARE:
ad un aumento della resistenza della catena.
Ciò richiede una **visione d'insieme** sugli obiettivi funzionali alla sicurezza. È necessario passare da un approccio settoriale ad uno olistico e finalizzato, cioè ricorrere ad una **progettazione coordinata e integrata che mira a ridurre innanzitutto i punti più deboli del sistema**

NORMATIVA TECNICA NTC 2018: MODELLO CONCETTUALE





DA SAPERE SULLE NUOVE NTC

Entrano ufficialmente in vigore il **23 Marzo 2018**

Per opere **PUBBLICHE** le vecchie **NTC del 2008** resteranno valide ed utilizzabili soltanto per

- Opere in corso di esecuzione
- Progetti definitivi o esecutivi già affidati prima del 22 Marzo
- Contratti di lavori già affidati, progetti definitivi o esecutivi già affidati secondo le NTC2008

Per opere **PRIVATE** le vecchie **NTC del 2008** resteranno valide ed utilizzabili soltanto per

- Opere strutturali in corso di esecuzione o per le quali è stato depositato il **progetto esecutivo**

LE NUOVE NTC PARLANO DI ELEMENTI NON STRUTTURALI ED IMPIANTI

Elementi Non Strutturali

Sono significativi per l'incolumità delle persone

Differenza marcata tra elementi costruiti in cantiere e assemblati in cantiere

Differenza nelle responsabilità tra elemento costruito e assemblato in cantiere

Impianti

Chiaro focus sullo staffaggio (elementi di collegamento tra gli impianti e la struttura)

Chiare le responsabilità dell'installatore nel fornire elementi di collegamento di capacità adeguata

Richiesta la verifica agli SLU e SLO in base alla classe d'uso dell'edificio

LA PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI

QUALI IMPIANTI DEVONO ESSERE SISMICI?

Tutti i tipi di impianti. Impianti strategici come gli impianti sprinkler possono seguire diverse normative Americane (NFPA 13, FM)

CHI SONO I RESPONSABILI?

Istallatori, Direttori Lavori, Progettista Strutture

COSA SI VERIFICA?

La **stabilità dell'impianto** sottoposto a un sisma in edifici non rilevanti

Il **funzionamento dell'impianto** a seguito di un sisma per edifici strategici



PER LA PRIMA VOLTA NELLE NTC SI PARLA DI ELEMENTI DI COLLEGAMENTO TRA GLI IMPIANTI E LA STRUTTURA

20-2-2018

Supplemento ordinario n. 8 alla GAZZETTA UFFICIALE

Serie generale - n. 42

7.2.4. CRITERI DI PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI

Il presente paragrafo fornisce indicazioni utili per la progettazione e l'installazione antisismica degli impianti, intesi come insieme di: impianto vero e proprio, dispositivi di alimentazione dell'impianto, collegamenti tra gli impianti e la struttura principale. A meno di contrarie indicazioni della legislazione nazionale di riferimento, della progettazione antisismica degli impianti è responsabile il produttore, della progettazione antisismica degli elementi di alimentazione e collegamento è responsabile l'installatore, della progettazione antisismica degli orizzontamenti, delle tamponature e dei tramezzi a cui si ancorano gli impianti è responsabile il progettista strutturale.

La capacità dei diversi elementi funzionali costituenti l'impianto, compresi gli elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, deve essere maggiore della domanda sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite da considerare (v. § 7.3.6). È compito del progettista della struttura individuare la domanda, mentre è compito del fornitore e/o dell'installatore fornire impianti e sistemi di collegamento di capacità adeguata.

Non ricadono nelle prescrizioni successive e richiedono uno specifico studio gli impianti che eccedano il 30% del carico permanente totale del campo di solaio su cui sono collocati o del pannello di tamponatura o di tramezzatura a cui sono appesi o il 10% del carico permanente totale dell'intera struttura.

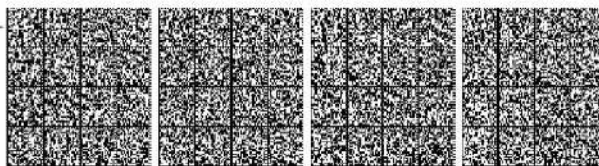
In assenza di più accurate valutazioni, la domanda sismica agente per la presenza di un impianto sul pannello di tamponatura o di tramezzatura a cui l'impianto è appeso, si può assimilare ad un carico uniformemente distribuito di intensità $2F_a/S$, dove F_a è la forza di competenza di ciascuno degli elementi funzionali componenti l'impianto applicata al baricentro dell'elemento e calcolata utilizzando l'equazione [7.2.1] e S è la superficie del pannello di tamponatura o di tramezzatura. Tale carico distribuito deve intendersi agente sia ortogonalmente sia tangenzialmente al piano medio del pannello.

In accordo con i criteri della progettazione in capacità gli eventuali componenti fragili devono avere capacità doppia di quella degli eventuali componenti duttili ad essi contigui, ma non superiore a quella richiesta da un'analisi eseguita con modello elastico e fattore di comportamento q pari ad 1,5. La domanda valutata con i criteri della progettazione in capacità può essere assunta non superiore alla domanda valutata per il caso di comportamento strutturale non dissipativo.

Gli impianti non possono essere vincolati alla costruzione contando sull'effetto dell'attrito, bensì devono essere collegati ad essa con dispositivi di vincolo rigidi o flessibili; gli impianti a dispositivi di vincolo flessibili sono quelli che hanno periodo di vibrazione $T \geq 0,1s$ valutato tenendo conto della sola deformabilità del vincolo. Se si adottano dispositivi di vincolo flessibili, i collegamenti di servizio dell'impianto devono essere flessibili e non possono far parte del meccanismo di vincolo.

Deve essere limitato il rischio di fuoriuscite incontrollate di gas o fluidi, particolarmente in prossimità di utenze elettriche e materiali infiammabili, anche mediante l'utilizzo di dispositivi d'interruzione automatica della distribuzione. I tubi per la fornitura di gas o fluidi, al passaggio dal terreno alla costruzione, devono essere progettati per sopportare senza rotture i massimi spostamenti relativi costruzione-terreno dovuti all'azione sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite considerati (v. § 7.3.6)

— 213 —





CHI SONO I RESPONSABILI SECONDO LE NUOVE NTC

7.2.4. CRITERI DI PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI

Il presente paragrafo fornisce indicazioni utili per la progettazione e l'installazione antisismica degli impianti, intesi come insieme di: impianto vero e proprio, dispositivi di alimentazione dell'impianto, collegamenti tra gli impianti e la struttura principale. A meno di contrarie indicazioni della legislazione nazionale di riferimento, della progettazione antisismica degli impianti è responsabile il produttore, della progettazione antisismica degli elementi di alimentazione e collegamento è responsabile l'installatore, della progettazione antisismica degli orizzontamenti, delle tamponature e dei tramezzi a cui si ancorano gli impianti è responsabile il progettista strutturale.

La capacità dei diversi elementi funzionali costituenti l'impianto, compresi gli elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, deve essere maggiore della domanda sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite da considerare (v. § 7.3.6). È compito del progettista della struttura individuare la domanda, mentre è compito del fornitore e/o dell'installatore fornire impianti e sistemi di collegamento di capacità adeguata.

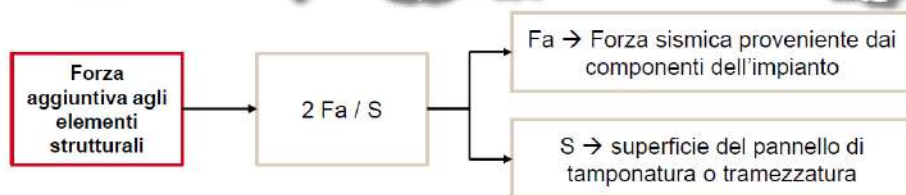
Non ricadono nelle prescrizioni successive e richiedono uno specifico studio gli impianti che eccedano il 30% del carico permanente totale del campo di solaio su cui sono collocati o del pannello di tamponatura o di tramezzatura a cui sono appesi o il 10% del carico permanente totale dell'intera struttura.



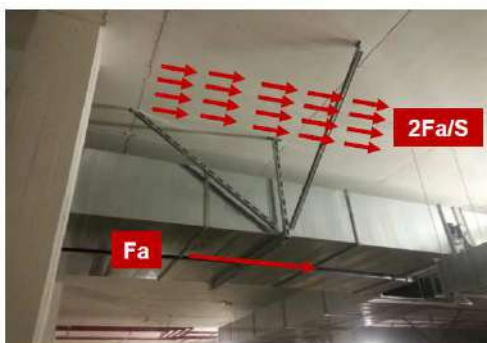
CALCOLO DELLA DOMANDA SULLE PARTI STRUTTURALI GIÀ IN FASE DI PROGETTAZIONE

In assenza di più accurate valutazioni, la domanda sismica agente per la presenza di un impianto sul pannello di tamponatura o di tramezzatura a cui l'impianto è appeso, si può assimilare ad un carico uniformemente distribuito di intensità $2F_a/S$, dove F_a è la forza di competenza di ciascuno degli elementi funzionali componenti l'impianto applicata al baricentro dell'elemento e calcolata utilizzando l'equazione [7.2.1] e S è la superficie del pannello di tamponatura o di tramezzatura. Tale carico distribuito deve intendersi agente sia ortogonalmente sia tangenzialmente al piano medio del pannello.

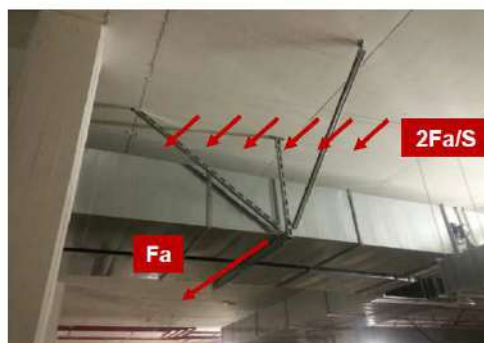
In accordo con i criteri della progettazione in capacità gli eventuali componenti fragili devono avere capacità doppia di quella degli eventuali componenti duttili ad essi contigui, ma non superiore a quella richiesta da un'analisi eseguita con modello elastico e fattore di comportamento q pari ad 1.5. La domanda valutata con i criteri della progettazione in capacità può essere assunta non superiore alla domanda valutata per il caso di comportamento strutturale non dissipativo.



Longitudinale



Trasversale





VERIFICHE DA EFFETTUARE PER IMPIANTI SECONDO LE NTC2018

7.3.6. RISPETTO DEI REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE

Per tutti gli elementi strutturali primari e secondari, gli elementi non strutturali e gli impianti si deve verificare che il valore di ciascuna domanda di progetto, definito dalla tabella 7.3.III per ciascuno degli stati limite richiesti, sia inferiore al corrispondente valore della capacità di progetto.

Le verifiche degli elementi strutturali primari (ST) si eseguono, come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU):

- nel caso di comportamento strutturale non dissipativo, in termini di rigidezza (RIG) e di resistenza (RES), senza applicare le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità;
- nel caso di comportamento strutturale dissipativo, in termini di rigidezza (RIG), di resistenza (RES) e di duttilità (DUT) (quando richiesto), applicando le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità.

Le verifiche degli elementi strutturali secondari si effettuano solo in termini di duttilità.

Le verifiche degli elementi non strutturali (NS) e degli impianti (IM) si effettuano in termini di funzionamento (FUN) e stabilità (STA), come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU).

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM ^(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT ^(**)			DUT ^(**)		

^(*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

^(**) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

LE VERIFICHE DA FARE PER IMPIANTI E PER TIPO DI EDIFICIO

FUNZIONALITA'	CU II		CU III, CU IV	
	IMPIANTI	E. NON STRU	IMPIANTI	E. NON STRUTTURALI
STABILITA'	X	X	X	X
     				
     				

CATEGORIE DI IMPIANTI

IMPIANTI E SISTEMI ORDINARI

- Impianti che non hanno funzione strategica
- Danno legato al solo danneggiamento fisico
- Mancato funzionamento tollerabile

IMPIANTI E SISTEMI ESSENZIALI

- Impianti che svolgono una funzione strategica
- Il mancato funzionamento non è tollerabile

IMPIANTI E SISTEMI PERICOLOSI

- Il danneggiamento può produrre situazioni di pericolosità per persone e beni
- Danno legato alle conseguenze indirette prodotte dal rilascio di sostanze (incendio, allagamento, esalazioni)



PROGETTAZIONE ANTISISMICA ANCHE PER EDIFICI ESISTENTI. ADEGUAMENTO

Quando si parla di Adeguamento Sismico?

- Soprelevazioni e ampliamenti della costruzione
- Variazioni di Destinazioni d'uso
- Variazioni di Classi d'uso

Perché?

Gli interventi su parti non strutturali ed impianti sono necessari quando, in aggiunta a motivi di funzionalità la loro risposta sismica possa mettere a rischio la vita degli occupanti

20-2-2018

Supplemento ordinario n. 8 alla GAZZETTA UFFICIALE

Serie generale - n. 42

8.7.4. CRITERI E TIPI D'INTERVENTO

Per tutte le tipologie di costruzioni esistenti gli interventi vanno progettati ed eseguiti, per quanto possibile, in modo regolare ed uniforme. L'esecuzione di interventi su porzioni limitate dell'edificio va opportunamente valutata e giustificata, considerando la variazione nella distribuzione delle rigidità e delle resistenze e la conseguente eventuale interazione con le parti restanti della struttura. Particolare attenzione deve essere posta alla fase esecutiva degli interventi, in quanto una cattiva esecuzione può peggiorare il comportamento globale della costruzione.

La scelta del tipo, della tecnica, dell'entità e dell'urgenza dell'intervento dipende dai risultati della precedente fase di valutazione, dovendo mirare prioritariamente a contrastare lo sviluppo di meccanismi locali e/o di meccanismi fragili e, quindi, a migliorare il comportamento globale della costruzione.

In generale dovranno essere valutati e curati gli aspetti seguenti:

- riparazione di eventuali danni presenti;
- riduzione delle carenze dovute ad errori grossolani;
- miglioramento della capacità deformativa ("duttilità") di singoli elementi;
- riduzione delle condizioni, anche legate alla presenza di elementi non strutturali, che determinano situazioni di forte irregolarità, sia planimetrica sia altimetrica, degli edifici, in termini di massa, resistenza e/o rigidità;
- riduzione delle masse, anche mediante demolizione parziale o variazione di destinazione d'uso;
- riduzione dell'impegno degli elementi strutturali originari mediante l'introduzione di sistemi d'isolamento o di dissipazione di energia;
- riduzione dell'eccessiva deformabilità degli orizzontamenti, sia nel loro piano che ortogonalmente ad esso;
- **miglioramento dei collegamenti degli elementi non strutturali, alla struttura e tra loro;**
- incremento della resistenza degli elementi verticali resistenti, tenendo eventualmente conto di una possibile riduzione della duttilità globale per effetto di rinforzi locali;
- realizzazione, ampliamento, eliminazione di giunti sismici o interposizione di materiali atti ad attenuare gli eventuali urti;
- miglioramento del sistema di fondazione, ove necessario.

Interventi su parti non strutturali ed impianti sono necessari quando, in aggiunta a motivi di funzionalità, la loro risposta sismica possa mettere a rischio la vita degli occupanti o produrre danni ai beni contenuti nella costruzione. Per il progetto di interventi atti ad assicurare l'integrità di tali parti valgono le prescrizioni fornite nei §§ 7.2.3 e 7.2.4.

Per le strutture in muratura, inoltre, dovranno essere valutati e curati gli aspetti seguenti:

- miglioramento dei collegamenti tra orizzontamenti e pareti, tra copertura e pareti, tra pareti confluenti in martelli murari o angolate;
- riduzione ed eliminazione delle spinte non contrastate di coperture, archi e volte;
- rafforzamento delle pareti intorno alle aperture.

Per le strutture in c.a. ed in acciaio si prenderanno in considerazione, valutandone l'eventuale necessità e l'efficacia, anche le tipologie di intervento di seguito esposte o loro combinazioni:

- rinforzo di tutti o parte degli elementi;
- aggiunta di nuovi elementi resistenti, quali pareti in c.a., controventi in acciaio, etc.;
- eliminazione di eventuali meccanismi "di piano";
- introduzione di un sistema strutturale aggiuntivo in grado di resistere per intero all'azione sismica di progetto;
- eventuale trasformazione di elementi non strutturali in elementi strutturali, come nel caso di incamiciatura in c.a. di pareti in laterizio.

Infine, per le strutture in acciaio, potranno essere valutati e curati gli aspetti seguenti:

- miglioramento della stabilità degli elementi e della struttura;
- incremento della resistenza e/o della rigidità dei collegamenti;
- miglioramento dei dettagli costruttivi nelle zone dissipative;
- introduzione di indebolimenti locali controllati, finalizzati ad un miglioramento del meccanismo di collasso.

8.7.5. ELABORATI DEL PROGETTO DELL'INTERVENTO

Per tutte le tipologie costruttive, il progetto dell'intervento di miglioramento o adeguamento sismico deve almeno comprendere:

- a) l'analisi e la verifica della struttura prima dell'intervento, con identificazione delle carenze e del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU (e SLE se richiesto);
- b) la scelta, esplicitamente motivata, del tipo di intervento;
- c) la scelta, esplicitamente motivata, delle tecniche e/o dei materiali;
- d) il dimensionamento preliminare dei rinforzi e degli eventuali elementi strutturali aggiuntivi;
- e) l'analisi strutturale della struttura post-intervento;
- f) la verifica della struttura post-intervento, con determinazione del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU (e SLE se richiesto).



Riferimento normativo per la valutazione / progettazione



Fornire criteri e indicazioni operative per ridurre la vulnerabilità sismica degli impianti antincendio

REQUISITI MINIMI DI SICUREZZA SISMICA

Fornire indicazioni di tipo preventivo per evitare situazioni di difficoltà o di pericolo per le persone in caso di terremoto legate alla evacuabilità dei luoghi e alla generazione di effetti indotti connessi con il rischio d'incendio, quali ad esempio rilasci di sostanze pericolose o infiammabili.

QUANDO, DOVE, COSA E PERCHÉ

è opportuno fare

per ridurre la vulnerabilità

COME

riferimenti utili

NTC2008 DIMENSIONAMENTO



REQUISITI MINIMI DI SICUREZZA SISMICA

Requisiti di sicurezza sismica	
<i>descrizione</i>	<i>obiettivo specifico</i>
Mantenimento stabilità	<i>non generare situazioni di pericolo per le persone</i>
Mantenimento funzionalità	<i>non determinare compromissioni di servizio</i>
Pronta ripristinabilità	<i>consentire il ripristino delle funzioni nel breve periodo</i>
Assenza di perdite di fluidi	<i>non generare situazioni di difficoltà o disagio nell'evacuazione per rilascio di sostanze o per caduta di elementi</i>
Assenza di perdite di fluidi pericolosi	<i>non generare situazioni critiche per rilascio di sostanze pericolose</i>

Elemento	Criteri progettuali (in ordine di priorità)
<i>Lay-out</i>	Preferire sistemi distributivi organizzati a livelli inferiori alla quota campagna Preferire sistemi di distribuzione ridondanti Prevedere ove necessario una riserva per la fornitura dei fluidi
<i>Attraversamento giunti sismici</i>	Ridurre il numero di attraversamenti nei giunti di separazione sismica Portare più possibile gli attraversamenti al piano di campagna o interrato Installare giunti flessibili
<i>Apparecchiature</i>	Posizionare le apparecchiature pesanti ai piani bassi in modo da non produrre effetti dinamici di interazione tra sistema impiantistico e struttura o tra sistema ed altri elementi non strutturali
<i>Interazioni</i>	Controllare gli spostamenti relativi tra componenti dell'impianto e altri componenti (controsoffitti, partizioni, altri impianti) lasciando opportuni spazi di rispetto o rendendo solidali i vari sistemi
<i>Tipo di installazione</i>	Evitare sistemi di appoggio/trattenuta per solo attrito Evitare sistemi di installazione su rullo con possibilità di fuoriuscita dalle sedi di appoggio in caso di sisma Controllo delle oscillazioni longitudinali e trasversali delle tubazioni con opportuno posizionamento dei sistemi di controventamento

+

DIMENSIONAMENTO DISPOSITIVI E ANCORAGGI (NTC 2008)

In questo quadro le Linee di indirizzo del Ministero costituiscono:
UNA GUIDA PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE VULNERABILITÀ E PER LA
RICERCA DELLE POTENZIALI STRATEGIE E SOLUZIONI PER ELIMINARLE
O RIDURLE (SIA PER NUOVE COSTRUZIONI SIA PER QUELLE ESISTENTI)



IL CALCOLO DELLA FORZA SISMICA DELLE NUOVE NTC NON VARIA

La **domanda sismica** sugli elementi non strutturali può essere determinata applicando loro una **forza orizzontale F_a** definita come segue:

$$F_a = (S_a \cdot W_a) / q_a \quad [7.2.1]$$

dove

F_a è la forza sismica orizzontale distribuita o agente nel centro di massa dell'elemento non strutturale, nella direzione più sfavorevole, risultante delle forze distribuite proporzionali alla massa;

S_a è l'accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento non strutturale subisce durante il sisma e corrisponde allo stato limite in esame (v. § 3.2.1);

W_a è il peso dell'elemento;

q_a è il fattore di comportamento dell'elemento.

In assenza di specifiche determinazioni, per S_a e q_a può farsi utile riferimento a documenti di comprovata validità.

NTC 2018

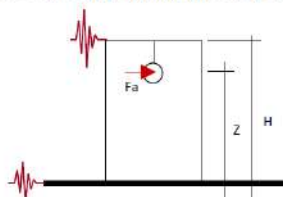
$$F_a = (S_a \cdot W_a) / q_a$$

F_a → Forza sismica orizzontale agente nel centro di massa dell'elemento non strutturale, nella direzione più sfavorevole

S_a → Accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento non strutturale subisce durante il sisma e corrisponde allo stato limite in esame

W_a → Peso dell'elemento

q_a → Fattore di comportamento dell'elemento



EC - 8

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot [3(1 + z/H) / (1 + (1 - T_a/T_1)^2) - 0,5]$$

αg → Accelerazione al suolo per terreni di tipo A [m/s²]

S → Fattore del terreno

z → Altezza dell'elemento non strutturale

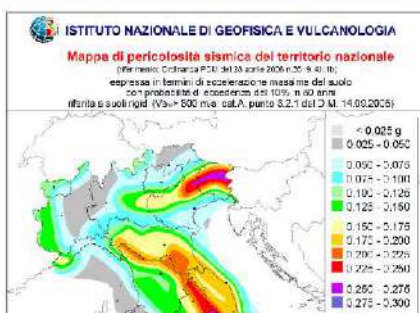
H → Altezza dell'edificio (dal piano di fondazione) [m]

T_1 → Periodo fondamentale di vibrazione del fabbricato [s]

A → Fattore di amplificazione

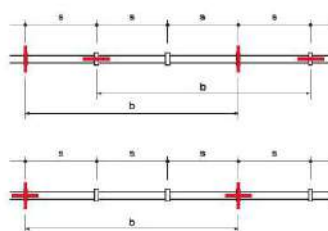
T_a → Periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale [s]

Input: Carico Sismico



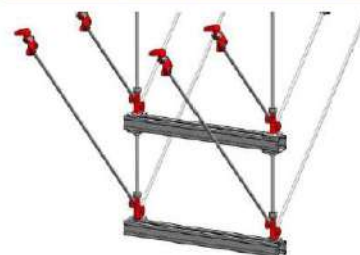
- Calcolo del carico sismico F_a secondo le NTC 08

Definire l'interasse sismico



- Definire la disposizione dei supporti sismo-resistenti
- Calcolo della forza sismica sul singolo supporto (lungo le due direzioni)

Progettare il supporto



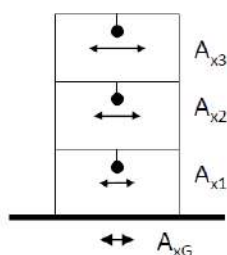
- Progetto del supporto controventato



POSIZIONAMENTO OTTIMIZZATO

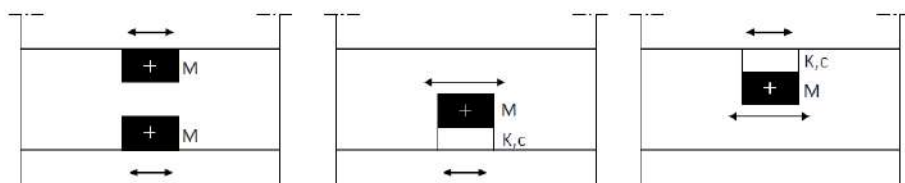
UBICAZIONE ERRATA: AGGRAVIO AZIONE SISMICA

AZIONE — Forze inerziali indotte dal moto del suolo
Spostamenti relativi



accoppiamento
amplificazioni dinamiche
moti relativi

UBICAZIONE E MODALITÀ DI INSTALLAZIONE
DEL COMPONENTE GIOCANO UN RUOLO DETERMINANTE
NELLA DEFINIZIONE DELL'AZIONE

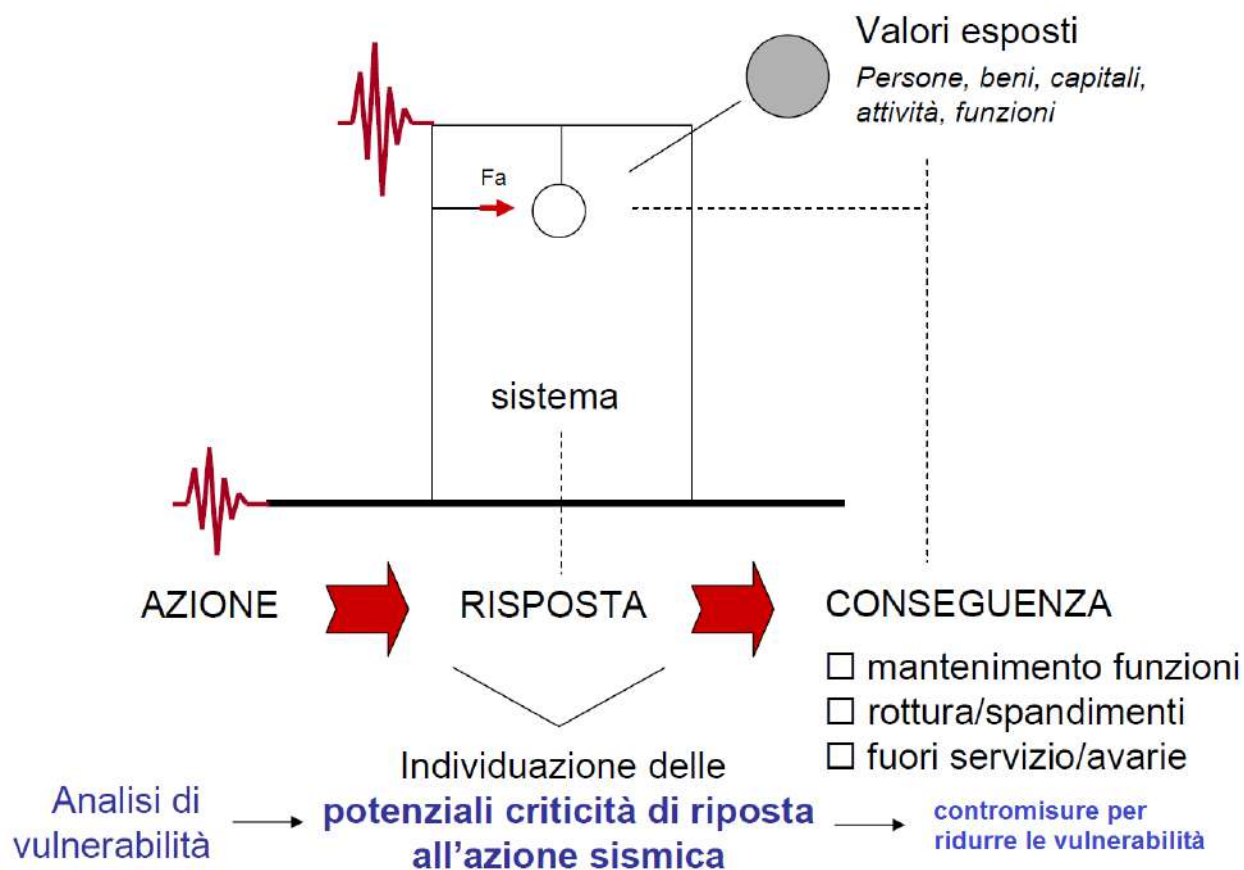


PROBLEMA DINAMICO

$$F = m \times a$$

risonanza

NON SOLO UN PROBLEMA DI RESISTENZA





ANALISI DI VULNERABILITÀ = STRUMENTO DI VALUTAZIONE E SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE



consente di

CONOSCERE I PUNTI DI CRITICITÀ

**CARATTERIZZARE I POTENZIALI
SCENARI EMERGENZIALI**

**SERVE PER MEGLIO DEFINIRE
LE AZIONI FINALIZZATE ALLA SICUREZZA**



**SERVE ANCHE AD UNA
IMPOSTAZIONE CONTESTUALIZZATA
DELLA GESTIONE DELLE EMERGENZE**

STRATEGIA FINALIZZATA ALLA RIMOZIONE DELLE CRITICITÀ':

STRATEGIA

**ANALISI DELLE POTENZIALI
CRITICITÀ**



**CONTROMISURE PER
ELIMINAZIONE DELLE
CRITICITÀ**



**REQUISITI MINIMI
DI SICUREZZA SISMICA**

VULNERABILITÀ

— LEGATE AL LAYOUT DISTRIBUTIVO

— LEGATE AL TIPO DI INSTALLAZIONE
DEI COMPONENTI

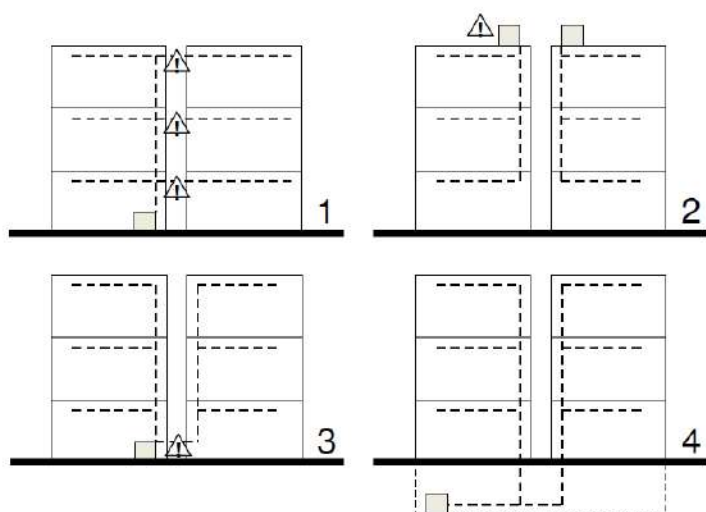
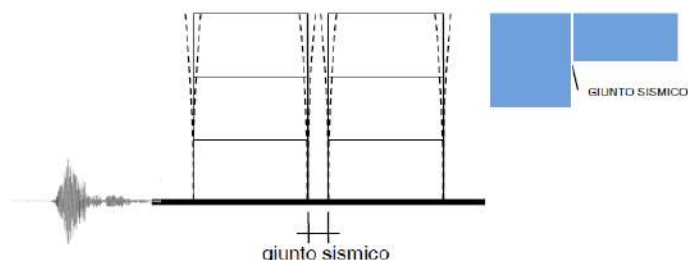
— LEGATE ALLE INTERAZIONI NEGATIVE CON
ALTRI ELEMENTI





- VULNERABILITÀ: LEGATE AL LAY-OUT DISTRIBUTIVO

OTTIMIZZAZIONE DEL LAY-OUT DISTRIBUTIVO



PROGETTAZIONE STRUTTURALE

ELIMINARE O LIMITARE LE CRITICITÀ
LEGATE ALLA CONFIGURAZIONE
STRUTTURALE

- REGOLARIZZAZIONE
- INTRODUZIONE GIUNTI SISMICI

PROGETTAZIONE IMPIANTISTICA

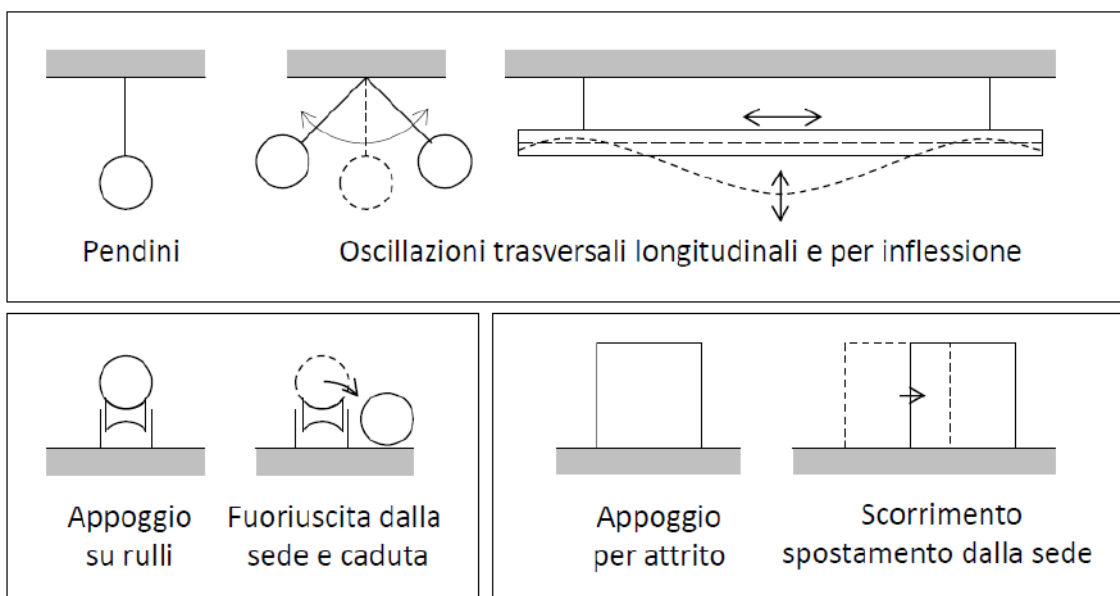
ELIMINARE O LIMITARE LE CRITICITÀ
LEGATE AL
LAY-OUT IMPIANTISTICO

- RIDUZIONE DEL NUMERO
DI ATTRAVERSAMENTI
(1 → 2, 3 o 4)
- POSIZIONAMENTO DEI PUNTI DI
ATTRAVERSAMENTO E
DELLE ATTREZZATURE PESANTI
IL PIÙ IN BASSO POSSIBILE
(1 e 2 → 3 o 4)

- VULNERABILITÀ: LEGATE AL TIPO DI INSTALLAZIONE

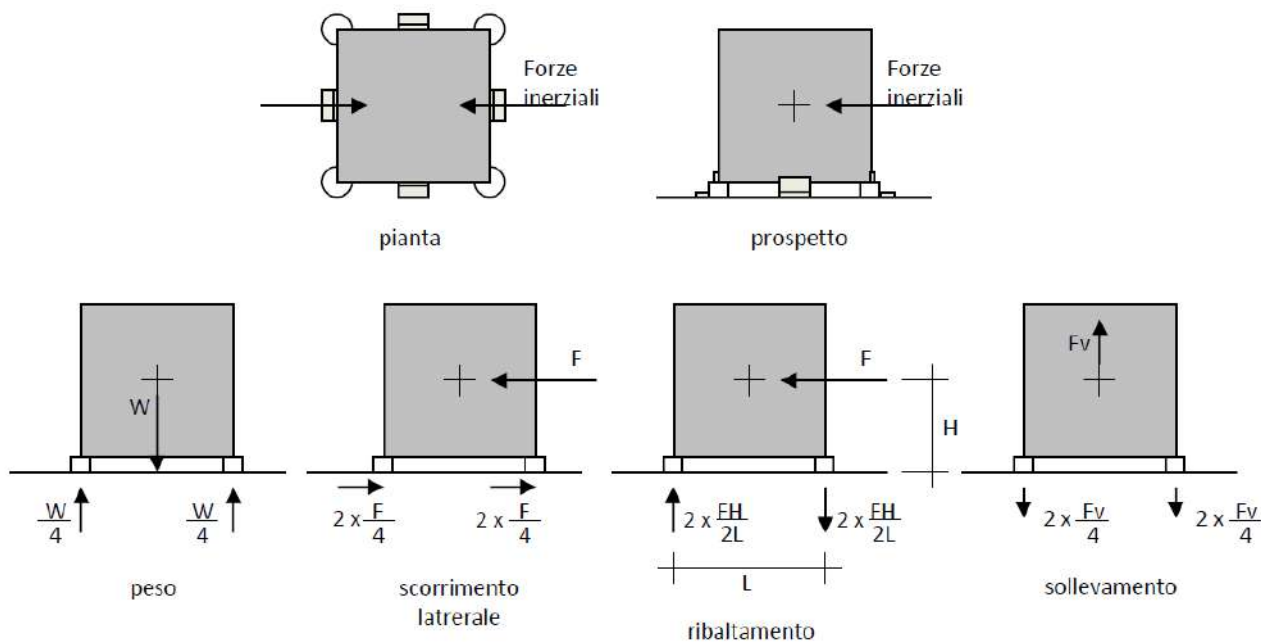
ADEGUATA SCELTA E CORRETTO DIMENSIONAMENTO DEI DISPOSITIVI DI
VINCOLO (EVITARE SPOSTAMENTI ED OSCILLAZIONI)

I MOVIMENTI INEVITABILI DEVONO ESSERE CONSENTITI SENZA
COMPROMETTERE L'INTEGRITÀ E LA FUNZIONALITÀ DELL'IMPIANTO





1) ANCORAGGIO APPARECCHIATURE



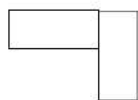
Sul singolo ancoraggio considerare la combinazione più sfavorevole

2) TIPO DI GIUNZIONE

Tipo giunzione

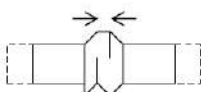


in linea

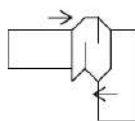


con deviazione

Effetti causati da moti relativi indotti



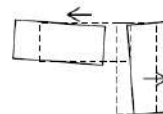
schiacciamento
compenetrazione



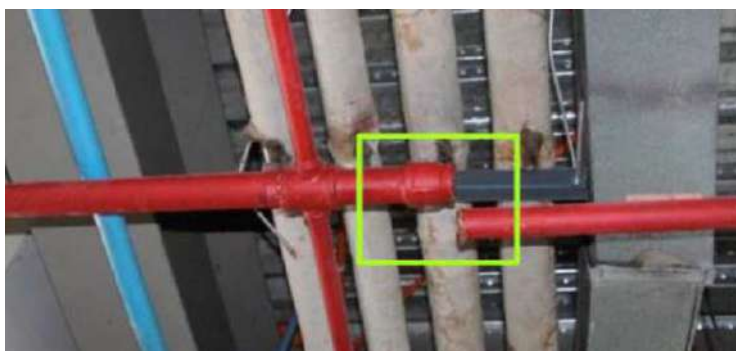
schiacciamento
compenetrazione
sbandamento laterale



distacco
strappo



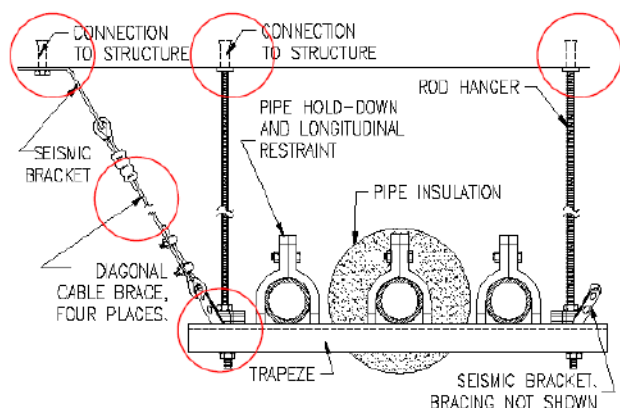
distacco
strappo



RIDUZIONE SPOSTAMENTI RELATIVI



3) CONNESSIONI ED ANCORAGGI

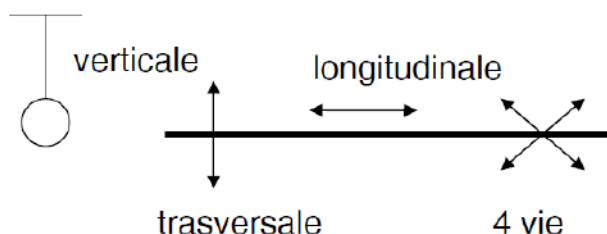


PUNTI CRITICI

CONNESSIONE TUBAZIONE-STAFFA

ELEMENTI DI SOSTEGNO

ANCORAGGIO ALLA STRUTTURA



PUNTI DI ATTENZIONE

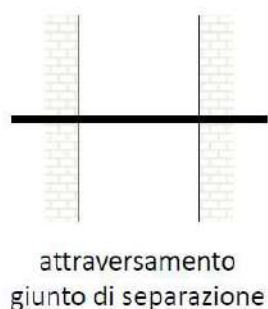
POSIZIONAMENTO CONTROVENTI

TIPOLOGIA CONTROVENTI

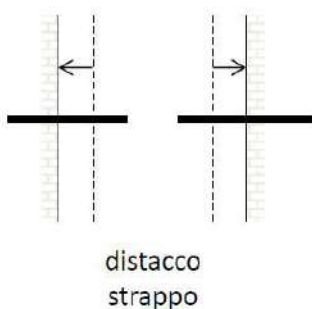
SISTEMI/MODALITÀ DI ANCORAGGIO

- VULNERABILITÀ: INTERAZIONI NEGATIVE CON ALTRI ELEMENTI

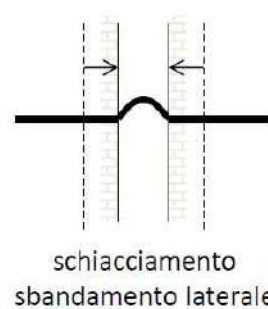
1) ATTRAVERSAMENTO GIUNTI SISMICI



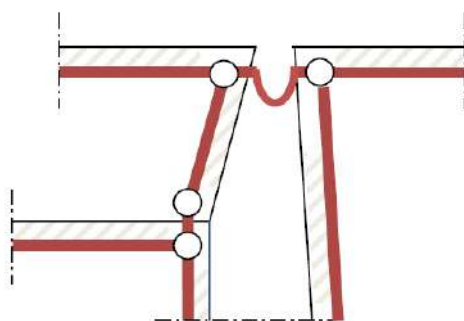
attraversamento
giunto di separazione



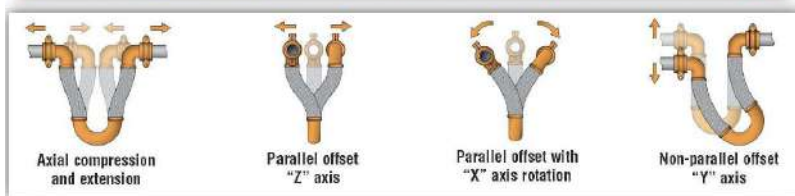
distacco
strappo



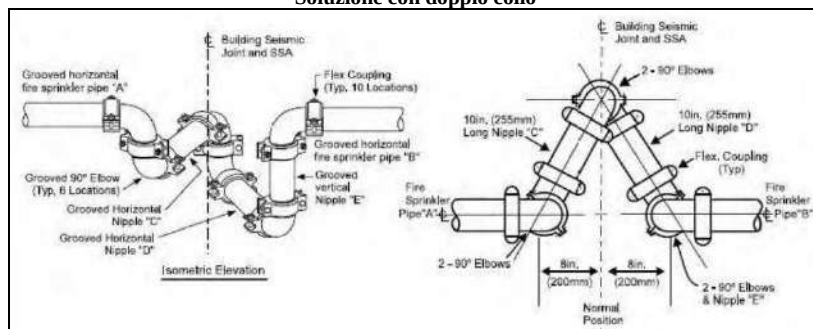
schacciamento
sbandamento laterale



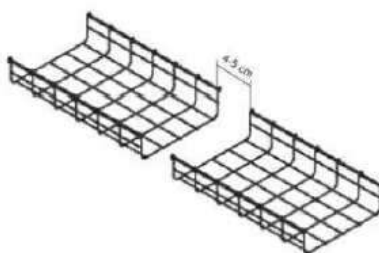
ATTRAVERSAMENTO FLESSIBILE



Soluzione con doppio collo



La figura mostra una tipica soluzione per attraversare giunti sismici: si interrompe la passerella e si lasciano i cavi liberi di muoversi in tale tratto.



Esempio di soluzione per attraversare giunti sismici: disconnessione del supporto



Giunto antistrappo



Figura 44 – Sottocentrale sospesa e solidale con la piastra antisismica “Cosbau SpA”.



Figura 46 – Sottocentrale sospesa e solidale con la piastra antisismica “Cosbau SpA”.



Figura 45 – Sottocentrale sospesa e solidale con la piastra antisismica “Cosbau SpA”.

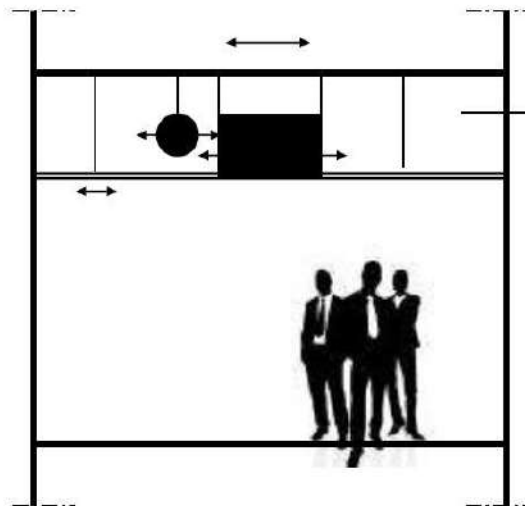
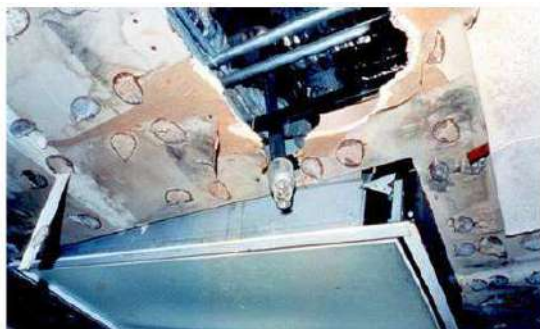


Figura 47 – Sottocentrale sospesa e solidale con la piastra antisismica “Cosbau SpA”.

Progetto C.A.S.E. - ABRUZZO 2009



2) MOTI RELATIVI (DISLOCAZIONI, RIBALTAMENTI E MARTELLAMENTO)

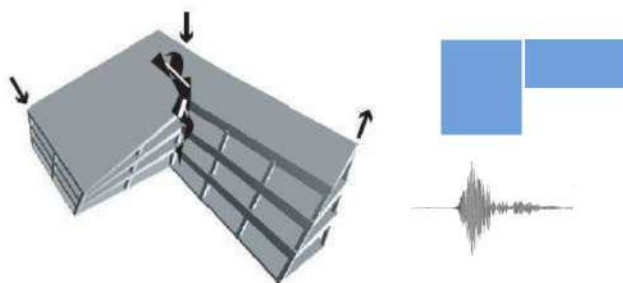


RISPOSTA DEL “PACCHETTO” NON STRUTTURALE: PROGETTAZIONE INTEGRATA



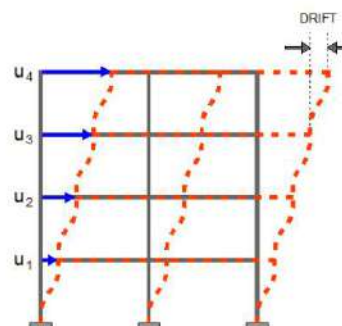
STRATEGIA PROGETTUALE INTEGRATA

EFFETTO DA:
IRREGOLARITÀ ED ECCENTRICITÀ



REGOLARIZZAZIONE COMPORTAMENTO

EFFETTO DA:
ECESSIVA DEFORMABILITÀ



CONTROLLO SPOSTAMENTO RELATIVO



Edifici isolati - distanza di sicurezza tra tubi e pilastri per evitare che entrino in contatto durante il sisma (Terremoto l'Aquila 2009)



Pareti di tamponamento - (Terremoto Emilia 2012)



EFFETTO DANNEGGIAMENTO



DISLOCAZIONI
DEFORMAZIONI INDOTTE



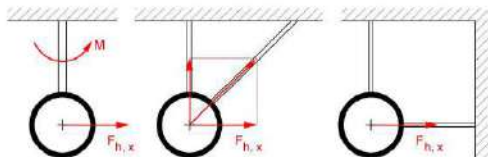
PERDITE DI TENUTA



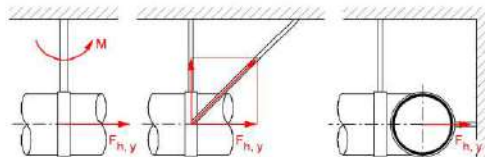


PRINCIPI DI BASE – IMPIANTI SISMO RESISTENTE

CARICHI TRASVERSALI



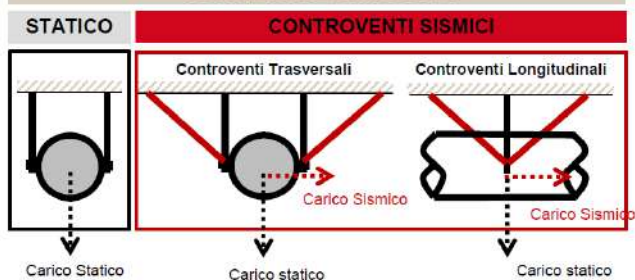
CARICHI LONGITUDINALI



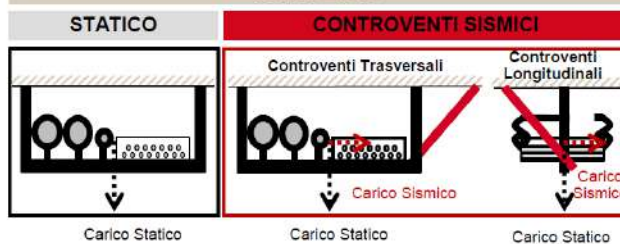
Azione sismica orizzontale $F_{h,x}$ in direzione trasversale all'asse del tubo

Azione sismica orizzontale $F_{h,y}$ parallela all'asse del tubo

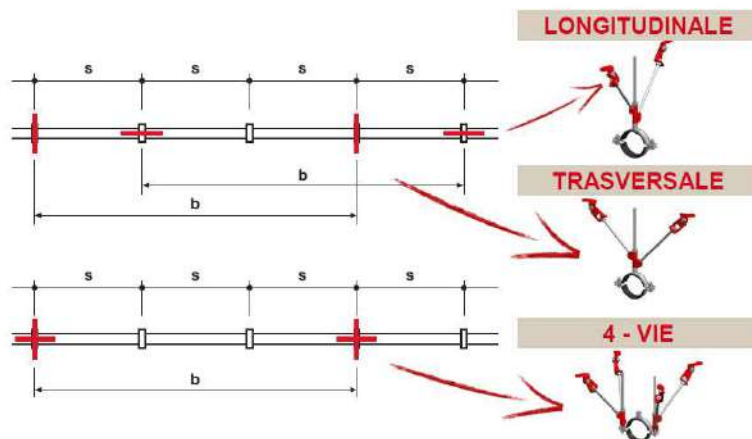
TUBAZIONE SINGOLA



TRAPEZIO



- I Controventi per un impianto sismo-resistente hanno bisogno di essere posizionati ad un interasse (b) che devono essere disposti in relazione alle azioni sismiche
- È vantaggioso per i controventi avere un interasse multiplo dell'interasse dello staffaggio statico (s).

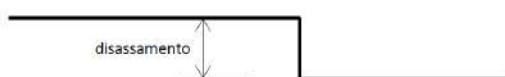




	LONGITUDINALE	TRASVERSALE	4-VIE
Tubazione singola			
Configurazione a culla con barre			
Configurazione a culla con binari			

CRITERI DI POSIZIONAMENTO DEI CONTROVENTI

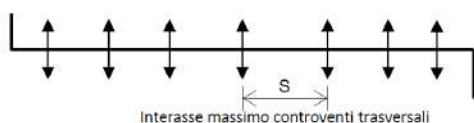
Se il disassamento è inferiore a $S/16$
può essere considerato come tratta lineare



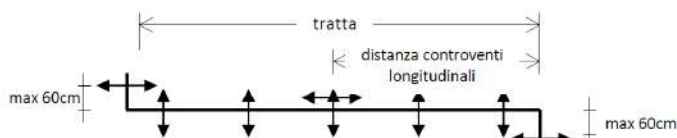
DEFINIZIONE DI TRATTA LINEARE



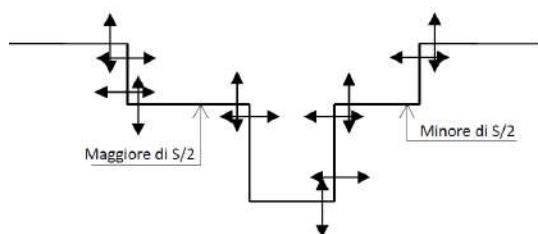
CONTROVENTATURE LATERALI MINIME IN TRATTA



CONTROVENTATURE LATERALI AGGIUNTIVE

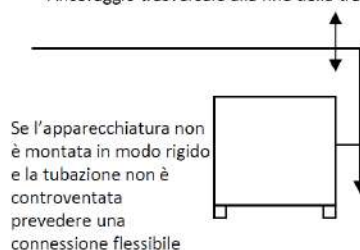


CONTROVENTATURE LONGITUDINALI IN UNA TRATTA



Ancoraggi nelle **TRATTE CORTE**

Ancoraggio trasversale alla fine della tratta orizzontale



Se l'apparecchiatura non è montata in modo rigido e la tubazione non è controventata prevedere una connessione flessibile

Se $H > S/2$ ancorarlo al suolo

Ancoraggi nei **PUNTI TERMINALI**

IMPEDIRE DEFORMAZIONI INDOTTE DA MOTI RELATIVI

INTERASSI SISMICI CONSIGLIATI (USA)



- TRASVERSALE: 9 m
- LONGITUDINALE: 18 m
- **GAS PERICOLOSI**
- TRASVERSALE: 4,5 m
- LONGITUDINALE: 9 m



- **CANALINE MATERIALE DUTTILE**
- TRASVERSALE: 12 m
- LONGITUDINALE: 24 m
- **CANALINE NON DUTTILE**
- TRASVERSALE: 6 m
- LONGITUDINALE: 12 m



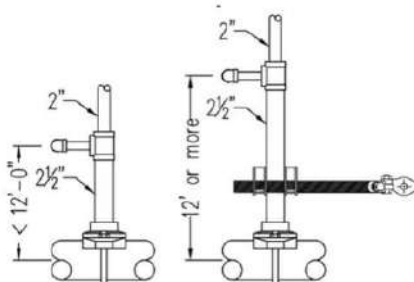
- **ACCIAIO**
- TRASVERSALE: 12 m
- LONGITUDINALE: 24 m
- **PLASTICA GHISA**
- TRASVERSALE 6 m
- LONGITUDINALE: 12 m



NFPA 13 – REGOLE PER I CONTROVENTI LATERALI

9.3.5.5.2 L'interasse tra due controventi laterali non deve superare il massimo intervallo di **12 m (40ft)**

9.3.5.5.4 è possibile evitare controventi laterali in **tubazioni di 2 ½ in. (65 mm)** o tubazioni più grandi di una **lunghezza inferiore a 3,7 m (12ft)**

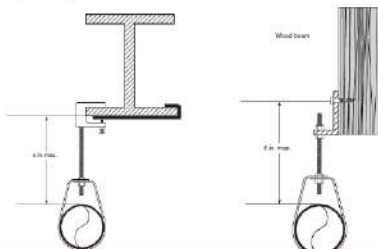


NFPA13 – QUANDO È POSSIBILE EVITARE CONTROVENTI LATERALI

DIRAMAZIONI

9.3.5.5.10.1. (1) Le diramazioni devono essere a una **distanza minore di 150 mm dalla struttura**, misurata tra il punto di attacco all'edificio e la parte superiore della tubazione

(2) **Almeno il 75 %** dei supporti statici deve rispettare quanto definito nel punto precedente



COLLETTORI (PRINCIPALI O DI DISTRIBUZIONE)

9.3.5.5.10.2 (1) La diramazione deve essere a una **distanza minore di 150 mm dalla struttura**, misurata tra il punto di attacco all'edificio e la parte superiore della tubazione

(2) **Almeno il 75 %** dei supporti statici deve rispettare quanto definito nel punto precedente

(4) Il coefficiente sismico C_p deve essere al massimo 0,5

(5) Il **diametro nominale della tubazione** non deve superare **152 mm (6 in)** per **collettori principali** e **102 mm (4 in)** per **collettori di distribuzione**.

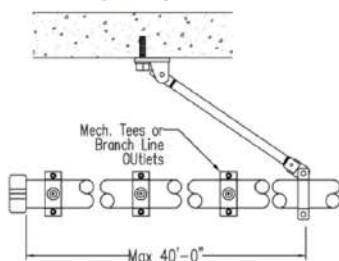
CARICHI !!

9.3.5.5.10.3 – Per le diramazioni dov'è permesso evitare l'utilizzo di controventi laterali secondo le indicazioni dei punti precedenti non deve essere omesso il carico da scaricare sui collettori che servono tali diramazioni

NFPA 13 – REGOLE PER I CONTROVENTI LONGITUDINALI

9.3.5.6.1 I controventi longitudinali devono essere previsti per collettori principali e di distribuzione con un **interasse massimo di 24m (80ft)**

9.3.5.6.3 La distanza tra l'ultimo controvento e la **parte finale** della tubazione o una curva non deve superare **12.2 m (40ft)**

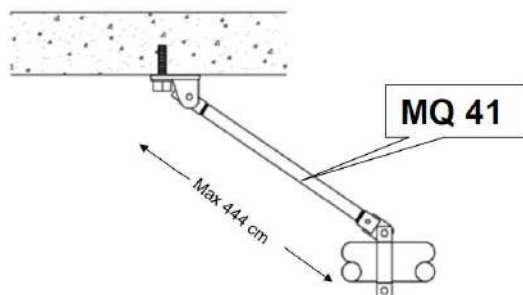


N.B. I controventi longitudinali non sono richiesti per le diramazioni, indipendentemente dal diametro.



NFPA 13 – CONTROVENTI - INSTALLAZIONE

9.3.5.11.3 Per controventi singoli, la **snellezza** (l/r) deve essere **minore di 300**, dove l è la lunghezza del controvento e r è il raggio d'inerzia del profilo (controvento)

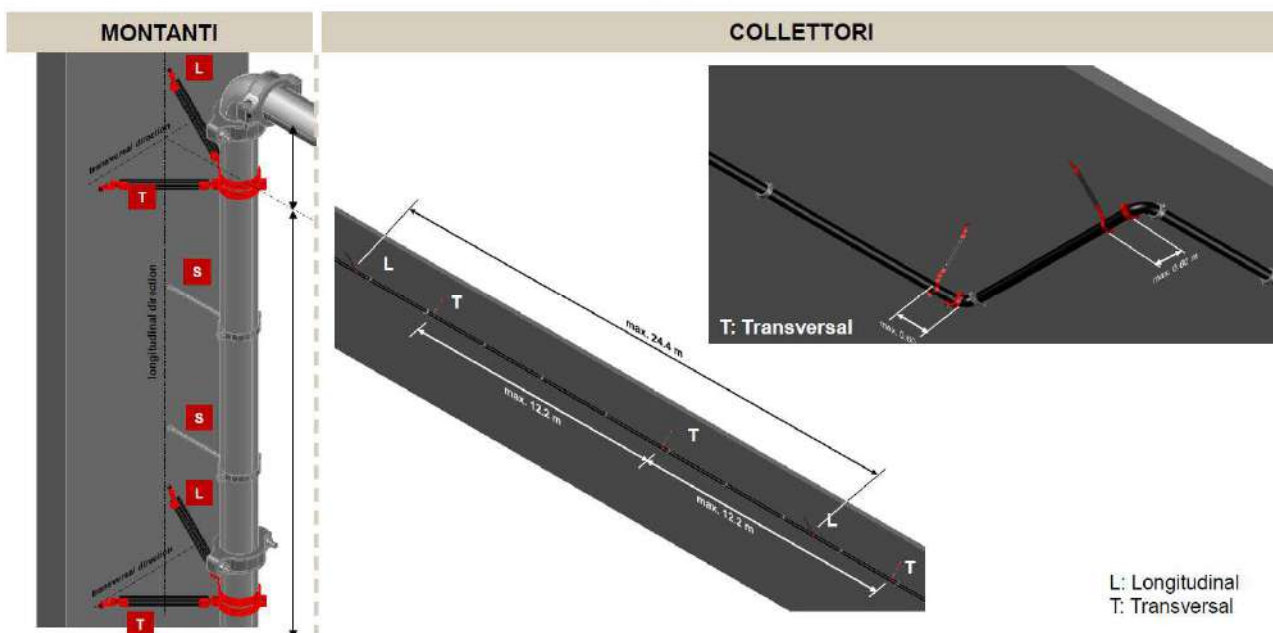


$r \rightarrow$ Raggio d'inerzia –
dipende dal profilo utilizzato

Es.
TUBOLARE $r = [\sqrt{(r_o^2 - r_i^2)}] / 2$
BARRA $r = (\text{radius of rod}/2)$
ANGOLARE $r = 0.29h$
MQ-41
• 1,48 cm (lungo l'asse y)
• 1,69 cm (lungo l'asse x)

➤ MQ 41 con $r = 1,48$ cm conduce a una lunghezza massima del controvento di 444 cm

LE REGOLE RIASSUNTE IN 3 PUNTI



ATTENZIONE

Non controventare mai un sistema meccanico o elettrico a due parti differenti della struttura che possono rispondere in modo diverso durante il sisma. Ad esempio, si deve evitare di connettere un controvento trasversale a un muro e un controvento longitudinale al pavimento o al soffitto se entrambi i controventi sono connessi allo stesso punto del sistema meccanico o elettrico.



APPENDICE:

Federazione Ordine degli Ingegneri della Toscana (Commissione Impianti Elettrici)

In generale possiamo raggruppare i sostegni in 4 famiglie:

10. Verticali
11. Laterali
12. Longitudinali
13. A 4 vie

Il tutto per combinare una funzione statica, ovvero per sostenere il peso del manufatto ed una funzione dinamica, ovvero di bilanciamento delle perturbazioni sismiche. Il dimensionamento passa dalla verifica delle forze che i sostegni devono equilibrare.

La tabella sotto sintetizza le tipologie

Collegamento delle tubazioni alla staffa	I tipi più comuni e meno costosi sono i collari, i sostegni ad U e le mensole in profilato di acciaio per i fasci tuberi. Nei collari ad U è importante l'inserimento di una sella di rinforzo per evitare che il ferro ad U si pieghi sotto l'azione della forza sismica. Esistono anche elementi a cerniera perforati per il collegamento a staffe rigide o dotati di punti di attacco per cavi	
Elementi di sostegno	Cavi acciaio	I cavi consentono una maggiore adattabilità e flessibilità di installazione in loco, tuttavia, non resistendo a compressione è richiesto per ogni staffaggio un numero doppio di collegamenti alla struttura. I cavi consentono di apportare variazioni in lunghezza e regolazioni della tensione dei collegamenti terminali.
	Angolari acciaio	Gli staffaggi rigidi richiedono un numero minore di collegamenti ma una maggiore precisione nella posizione e allineamento dei fori dei bulloni.
	Qualunque sia il metodo scelto, esso deve essere sempre lo stesso per l'intero percorso delle condotte in una direzione	
Ancoraggio alla struttura	Nel cemento armato i tipi di ancoraggio più comuni sono gli angolari fissati alla struttura con tasselli ad espansione. Il numero di tasselli richiesti è funzione delle forze previste. Il tassello viene dimensionato per resistere alle forze di taglio e tensione con adeguati fattori di sicurezza. I collegamenti ad elementi strutturali in ferro possono essere realizzati mediante bulloni, morsetti o passanti saldati	

FIG.11 – Elementi di rinforzo contro l'ondeggiamento

Il modo per contrastare le forze trasversali e longitudinali su piano orizzontale è l'adozione di un sistema a controventi, che non è altro che una aggiunta di profili in acciaio lungo l'asse da equilibrare. Cambia la tipologia che può essere cavo di acciaio, barra filettata, profilato di vario spessore, ma non cambia il concetto. Ad esempio se si adotta un cavo, è ovvio che se ne devono installare almeno due contrapposti perché non resiste a compressione. Se si installa un profilato rigido è possibile e che la si possa mettere solo su un lato data la sua rigidità.

La figura sotto mostra le due tipologie di installazione, a filo o a barra rigida



FIG.12 – Esempi di controventi con filo di acciaio e con barre rigide.

CRITERI GENERALI DI DIMENSIONAMENTO DEI DISPOSITIVI DI VINCOLO (tratto da Mason Industries)

- a. Ciascuna tratta lineare deve essere controventata in direzione longitudinale (parallela alla direzione del tubo o del condotto) mediante almeno un controvento.
- b. Ciascuna tratta di tubo, condotto elettrico o dell'aria con due o più supporti necessita di:
 - almeno due controventi trasversali (perpendicolari alla direzione del tubo o del condotto). Un controvento longitudinale dalla parte opposta di un gomito o di un giunto a T può servire come controvento trasversale;
 - almeno un controvento longitudinale (parallelo alla direzione del tubo o del condotto). Un controvento trasversale dalla parte opposta di un gomito o di un giunto a T può servire come controvento longitudinale.
- c. È opportuno che i controventi trasversali e longitudinali vengano installati ad un angolo di 45 gradi dall'orizzontale, ossia rapporto base altezza B:H pari 1:1. Se si vuole ancorare i controventi con un angolo pari a un rapporto 1,5:1 o 2:1, lo spazio tra controventi consecutivi oppure il peso massimo del tubo per metro lineare deve essere ridotto. Evitare, per quanto possibile, installazioni con angolo maggiore di 2:1.
- d. Non usare mai, nella stessa parte dritta di tubo o condotto elettrico, controventi di tipo rigido e cavi agenti nella stessa direzione.
- e. Non controventare mai un sistema meccanico o elettrico a due parti differenti della struttura che possono rispondere in modo diverso durante il sisma. Ad esempio, si deve evitare di connettere un controvento trasversale a un muro e un controvento longitudinale al pavimento o al soffitto se entrambi i controventi sono connessi allo stesso punto del sistema meccanico o elettrico.
- f. Ogni sistema che attraversa un giunto di separazione o un giunto sismico deve essere progettato per assorbire uno spostamento differenziale pari allo spostamento relativo fra i due punti.
- g. Sistemi soggetti a deformazioni termiche significative devono essere progettati caso per caso in modo da resistere a carichi sismici ed evitare coazioni termiche. Solitamente ogni parte dritta di tubo deve essere controventata longitudinalmente in un punto soltanto.