

1. Origine e caratteristiche dei terremoti

L'attività sismica è concentrata in zone ristrette, lungo alcune linee. Queste zone sono sede di grandi processi tettonici, come possenti catene montuose, profonde fosse oceaniche e fenomeni di vulcanismo. Secondo la **teoria della tettonica delle zolle**, le placche si muovono una rispetto all'altra con diverse modalità: scorrimenti, compenetrazioni o allontanamenti. Questi moti, dell'ordine di pochi centimetri l'anno, costituiscono la principale causa degli eventi sismici.

Secondo la **teoria del rimbalzo elastico**, quando sforzi di origine tettonica tendono a spostare, una rispetto all'altra, due strutture geologiche a contatto, le masse rocciose si deformano progressivamente, fintanto che l'attrito e altre forze sono sufficienti ad opporsi ad uno spostamento relativo, con conseguente accumulo di energia. Nel momento in cui queste forze vengono vinte, i blocchi scorrono l'uno rispetto all'altro liberando l'energia sotto forma di energia termica ed energia cinetica (movimento), con emissione di onde che si propagano in tutte le direzioni.

Tipi di onde:

- Onde di volume: P primarie e S secondarie
- Onde superficiali: R Rayleigh e L Love

Onde P: sono le onde più veloci, sono di dilatazione e compressione e producono quindi variazione di volume, si trasmettono anche nei fluidi, componente verticale prevalente (terremoto sussultorio).

Onde S: velocità minore, onde trasversali che hanno una direzione perpendicolare al fronte d'onda, componente orizzontale prevalente (terremoto ondulatorio).

Onde R: interessano solo i primi metri della superficie, moto ellittico sul piano verticale.

Onde L: movimento simile alle onde S, nascono sulla superficie di separazione dei diversi strati.

Misurazione del terremoto

Due tipi di approcci. Il primo è basato sugli effetti: si valutano i danni provocati alle persone e alle costruzioni e si ricavano delle scale di intensità (scala Mercalli), quest'approccio non si basa su grandezze oggettive. Il secondo, invece, è basato sul rilevamento attraverso strumentazioni di grandezze oggettive, quali l'energia sprigionata, l'accelerazione ecc. (scala delle magnitudo di Richter).

2. Sismicità del territorio e zonazione

Per sismicità, o pericolosità sismica, si intende la probabilità che un evento con determinate caratteristiche si verifichi in una certa zona ed in un certo intervallo di tempo.

Nelle normative moderne si assume, quale pericolosità di riferimento, il valore dell'accelerazione orizzontale su suolo rigido che ha probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ovvero che presenta un periodo di ritorno pari a 475 anni.

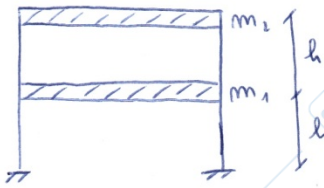
Zonazione

La zonazione sismica è la classificazione del territorio basata sulla pericolosità sismica. Ha come scopo principale la determinazione della pericolosità di un sito, per conoscere la severità dei terremoti attesi nel detto sito in un certo periodo di tempo. In generale il parametro di severità considerato è l'accelerazione di picco a_{max} .

Poiché la composizione del terreno è variabile localmente, le onde che raggiungono la superficie presentano caratteristiche altrettanto variabili in quanto possono essere attenuate o amplificate a seconda della tipologia degli strati. Gli studi di micro-zonazione sismica, che riguardano territori di limitata estensione, hanno lo scopo di valutare le modifiche apportate allo scuotimento sismico dalle condizioni geomorfologiche locali.

3. Esercizi analisi modale

- Sistema a telaio a 2 GDL



$$K_1 = K_2 = K = 2 \cdot 12 \frac{EI}{l^3}$$

$$m_1 = m_2 = m$$

$$M = \begin{bmatrix} m & 0 \\ 0 & m \end{bmatrix} \quad K = \begin{bmatrix} 2K & -K \\ -K & K \end{bmatrix}$$

$$K - \omega^2 M = \begin{bmatrix} 2K - \omega^2 m & -K \\ -K & K - \omega^2 m \end{bmatrix}$$

$$\det(K - \omega^2 M) = 0$$

$$(2K - \omega^2 m)(K - \omega^2 m) - K^2 = 0$$

$$2K - 2K\omega^2 m - K\omega^2 m + \omega^4 m^2 - K^2 = 0$$

$$\omega^4 m^2 - 3K\omega^2 m + K^2 = 0$$

$$\omega_{1,2}^2 = \frac{3Km \pm \sqrt{9K^2 m^2 - 4m^2 K^2}}{2m^2}$$

$$\frac{3Km - mK\sqrt{5}}{2m^2} = \frac{K(3-\sqrt{5})}{m} = 0,38 \frac{K}{m}$$

$$\frac{3Km + mK\sqrt{5}}{2m^2} = \frac{K(3+\sqrt{5})}{m} = 2,62 \frac{K}{m}$$

$$\omega_1^2 = 0,38 \frac{K}{m}$$

$$\begin{bmatrix} 2K - \omega_1^2 m & -K \\ -K & K - \omega_1^2 m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1^{(1)} \\ z_2^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2K - 0,38 \frac{K}{m} m & -K \\ -K & K - 0,38 \frac{K}{m} m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1^{(1)} \\ z_2^{(1)} \end{bmatrix} = \mathbf{0}$$

$$\begin{bmatrix} 1,62 K & -K \\ -K & 0,62 K \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1^{(1)} \\ z_2^{(1)} \end{bmatrix} = \mathbf{0}$$

$$\begin{cases} 1,62 K z_1^{(1)} - K z_2^{(1)} = 0 \\ -K z_1^{(1)} + 0,62 K z_2^{(1)} = 0 \end{cases}$$

$$z^{(1)} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1,62 \end{Bmatrix}$$

$$\omega_2^2 = 2,62 \frac{K}{M}$$

$$\begin{bmatrix} 2K - 2,62 \frac{K}{M} & -K \\ -K & K - 2,62 \frac{K}{M} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1^{(2)} \\ z_2^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,62 K & -K \\ -K & -1,62 K \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1^{(2)} \\ z_2^{(2)} \end{bmatrix} = 0$$

$$\begin{cases} -0,62 K z_1^{(2)} - K z_2^{(2)} = 0 \\ -K z_1^{(2)} - 1,62 K z_2^{(2)} = 0 \end{cases} \quad z^{(2)} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,62 \end{Bmatrix}$$

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} \quad T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2}$$

Dallo spettro trovo $A_1(T_1)$ e $A_2(T_2) \Rightarrow D_1 = \frac{A_1}{\omega_1^2}$; $D_2 = \frac{A_2}{\omega_2^2}$

$$\alpha_1 = \frac{\underline{z}^{(1)T} \underline{M} \underline{I}}{\underline{z}^{(1)T} \underline{M} \underline{z}^{(1)}} \quad \alpha_2 = \frac{\underline{z}^{(2)T} \underline{M} \underline{I}}{\underline{z}^{(2)T} \underline{M} \underline{z}^{(2)}}$$

$$\underline{x}_1 (\text{modo 1}) = \underline{z}^{(1)} \cdot \alpha_1 D_1$$

$$\underline{x}_1 = (x_{11}; x_{12})$$

$$\underline{x}_2 (\text{modo 2}) = \underline{z}^{(2)} \cdot \alpha_2 D_2$$

$$\underline{x}_2 = (x_{21}; x_{22})$$

spostamento
in somma

spostamento max = max(x₁₂; x₂₂)

comb. max assoluta = |x₁₂| + |x₂₂|

$$SRSS : \sqrt{x_{12}^2 + x_{22}^2}$$

Per trovare le forze ai piloni e il taglio alle base:

$$\left. \begin{matrix} A_1(T_1) \\ A_2(T_2) \end{matrix} \right\} \rightarrow \text{dallo spettro [g]} \quad F_m = \alpha_m A_m \underline{M} \underline{z}^{(m)}$$

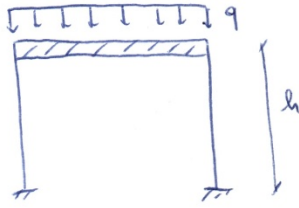
Taglio alle base = $\sum F_m$ (1 per ogni modo)

Momento e allungamento = $F_2 \cdot 2h + F_1 \cdot h$ (1 per ogni modo)

↓
forza
2° piano

↓
forza
1° piano

- Sistema a telaio a 1 GDL



$$K = 2 \cdot 12 \frac{EI}{h^3}$$

$$m = p(\text{peso proprio}) + q = W$$

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

Dallo spettro $\rightarrow A(T)$

$$F = \frac{W}{g} \cdot A$$

$$D = \frac{A}{\omega^2}$$

- Taglio alla base per sistemi a molti GDL

$$T = C_1 \cdot H^{3/4}$$

$$C_1 = \begin{array}{ll} 0,085 & \text{telaio acciaio} \\ 0,075 & \text{telaio cls} \\ 0,050 & \text{altro tipo} \end{array}$$

Dallo spettro $\rightarrow A(T)$

$$F = A \cdot \frac{W}{g}$$

$$F_i = \frac{F \cdot z_i \cdot W_j}{\sum z_j \cdot W_j}$$

$$\Rightarrow \sum V_j = \sum F_i$$

4. Spettro di risposta

Una rappresentazione particolarmente efficace dell'analisi di una oscillazione si ha riportando in un diagramma le ampiezze corrispondenti a ciascuna armonica in funzione della sua frequenza o periodo. Un diagramma di tale tipo viene chiamato spettro.

Per la progettazione di strutture occorre conoscere i valori massimi della risposta, in termini di spostamento, velocità e accelerazione. Quindi rappresentando graficamente, per un dato accelerogramma, l'andamento dei tre tipi di risposta in funzione del periodo proprio e per determinati valori del coefficiente di smorzamento, si ottengono gli spettri di risposta dell'accelerazione, della velocità e dello spostamento.

Lo spettro di risposta elastico in termini di accelerazione parte sempre, per $T=0$, da un valore pari alla massima accelerazione al suolo a_g , indicata con la sigla PGA "peak ground acceleration". Infatti al valore nullo di T corrisponde un sistema dinamico infinitamente rigido, in cui la massima accelerazione del sistema coincide con quella del suolo.

5. Comportamento post-elastico degli edifici (concetto di duttilità)

Progettare una struttura per i terremoti di medio-alta severità attesi, richiedendo che questa risponda elasticamente alle sollecitazioni, comporta la realizzazione di strutture estremamente resistenti e quindi pesanti e costose. Un'alternativa è quella di progettare strutture che rispondano in modo elastico, e quindi non si danneggino in modo significativo, ai terremoti di intensità medio-bassa, e che rispondano in modo anelastico ai terremoti medio-alti, senza crollare.

La capacità di sopportare grandi deformazioni dopo il raggiungimento della soglia elastica e prima della rottura, è definita come duttilità del materiale e ne rappresenta il comportamento in fase plastica. Se il tratto plastico prima della rottura è esteso, la struttura può deformarsi molto prima di arrivare alla rottura, sopportando ancora una quota significativa del carico massimo: si parla in questo caso di elevata duttilità. Se diversamente il tratto plastico è molto breve, la struttura non è in grado di deformarsi, arriva subito al collasso e quindi ci troviamo in condizioni di bassa duttilità.

Poiché il moto del terreno è oscillatorio, la risposta della struttura sarà di tipo ciclico: ad ogni ciclo la struttura dissipa una quantità di energia tanto maggiore quanto maggiori sono la resistenza e la duttilità. A fronte di eventi sismici di notevole entità, si preferisce accettare che la struttura, entro certi limiti, si danneggi, cioè subisca deformazioni plastiche; la sicurezza, in questo caso, dipende dalla capacità di dissipare l'energia trasmessa dal terreno, senza che le caratteristiche meccaniche degradino troppo rapidamente e venga così ad essere compromessa la capacità di resistere ai carichi verticali.

6. Azione sismica e definizione dello spettro di progetto

L'azione sismica di progetto si definisce a partire dalla pericolosità sismica del sito. La sismicità è definita in termini di:

- Accelerazione orizzontale massima attesa a_g
- Risposta in termini di accelerazione ricavata dallo spettro determinato in base alla probabilità di superamento P_{Vr} nel periodo di riferimento V_R .

Periodo di riferimento V_R

È valutato in base alla vita nominale della costruzione e alla classe d'uso:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

In cui:

V_N vita nominale

C_U coefficiente d'uso basato sulla classe d'uso

Classi d'uso:

- Classe I: edifici con presenza occasionale di persone, edifici agricoli;
- Classe II: edifici con normali affollamenti, senza contenuti pericolosi;
- Classe III: edifici con affollamenti significativi, industrie con attività pericolose;
- Classe IV: edifici con funzioni pubbliche o strategiche importanti.

Stati limite e relative probabilità di superamento P_{Vr}

Per ciascuno degli stati limite considerati sono definite le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{Vr} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente.

Stati limite di esercizio:

- Stato limite di operatività SLO;
- Stato limite di danno SLD;

Stati limite ultimi:

- Stato limite di salvaguardia della vita SLV;
- Stato limite di prevenzione del collasso SLC.

Periodo di ritorno T_R

Una volta definiti V_R e P_{Vr} per ogni stato limite si ricava il periodo di ritorno:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{Vr})}$$

Le forme spettrali sono definite, per ciascun P_{Vr} o T_R , a partire dai valori dei seguenti parametri, validi per il sito di riferimento:

- a_g : accelerazione orizzontale massima del sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori di tali parametri sono forniti dalla norma, per tutto il territorio nazionale, in corrispondenza dei nodi di un reticolo di riferimento.

Lo spettro di progetto sarà influenzato anche dalla categoria di sottosuolo e dalle condizioni topografiche del sito in esame.

Quindi in base allo stato limite considerato, a cui corrisponde una probabilità P_{Vr} , in base alla categoria del suolo e in base alla tipologia di edificio si ricava lo spettro di progetto.

Combinazione dell'azione sismica con le altre azioni

Il terremoto di progetto è da considerarsi un evento raro, pertanto la probabilità che esso si verifichi quando su una costruzione le altre azioni variabili agiscono col loro valore più sfavorevole è alquanto ridotta. Per questo motivo le azioni sismiche vengono combinate con i valori quasi permanenti delle azioni variabili. Le verifiche agli stati limite ultimi e di esercizio devono essere effettuate per la combinazione di azioni:

$$G_1 + G_2 + E + \Sigma \psi_{2j} Q_{kj}$$

Gli effetti delle azioni sismiche saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi:

$$G_1 + G_2 + \Sigma \psi_{2j} Q_{kj}$$

7. Criteri di progettazione degli edifici**Capacity design**

Questo criterio di progettazione permette di sfruttare le risorse di deformabilità in campo post-elastico e quindi presuppone che la struttura nel suo complesso sia capace di garantire un comportamento globalmente duttile, cioè sia in grado di deformarsi notevolmente, anche in modo permanente, prima di giungere al collasso. Questo implica che, man mano che le azioni sulla struttura aumentano di intensità, si possa verificare una ampia sequenza di meccanismi duttili prima di giungere ad un sistema strutturale labile. Affinché si possano raggiungere grandi spostamenti prima di arrivare al collasso, è fondamentale che nella struttura si possa sviluppare un gran numero di cerniere plastiche, cosa che avviene se le cerniere si formano nelle travi prima che nei pilastri ed evitando la formazione di rotture fragili nelle colonne.

La gerarchia delle resistenze

Quanto previsto dal capacity design si ottiene conferendo ai pilastri una resistenza superiore a quella massima raggiungibile nelle cerniere plastiche. In questo modo taluni elementi strutturali vengono proporzionati non in base alle sollecitazioni di calcolo, bensì in modo tale da poter sviluppare resistenze superiori a quelle degli elementi duttili; al fine di garantire l'auspicata sequenza nella formazione dei meccanismi di crisi.

Requisiti essenziali del sistema strutturale

Per garantire il buon comportamento di un edificio in fase sismica bisogna fare in modo che le azioni laterali indotte dal sisma siano in grado di fluire fino al terreno in maniera diretta, senza dar luogo ad eccessive rotazioni, e in modo duttile. Quindi il sistema strutturale deve avere i seguenti requisiti:

- Semplicità strutturale: deve essere quindi caratterizzato da regolarità in pianta e in elevazione;
- Uniformità e simmetria: in modo da avere una distribuzione bilanciata ed adeguata degli elementi strutturali ed avere una risposta globale uniforme;
- Iperstaticità: assicura una più favorevole e più ampia redistribuzione degli effetti del sisma e dissipazione di energia;
- Rigidezza e resistenza flessionali secondo due direzioni ortogonali: assicura un buon comportamento della struttura qualunque sia la direzione del moto sismico;
- Resistenza e rigidezza torsionali: riducono il rischio di sollecitazioni non uniformi;
- Rigidezza e resistenza dei solai nel piano: assicurano capacità di redistribuzione delle forze indotte dal sisma
- Fondazioni adeguate: assicurano che l'intero edificio sia soggetto ad uniforme eccitazione sismica.

Tipologie strutturali

Sistemi a telai: costituiti da travi rigidamente connesse ai pilastri

Sistemi a parete, singola o accoppiate: in cui la resistenza necessaria a sopportare le forze orizzontali è interamente attribuita a pareti strutturali; agli altri elementi spetta il solo compito di reggere i carichi verticali.

Sistemi misti telaio-parete: sono costituiti da telai in cemento armato e pareti, i quali forniscono insieme la necessaria resistenza alle forze del sisma, mentre ciascuno porta la sua quota di carichi verticali.

Strutture deformabili torsionalmente

Strutture a pendolo inverso: nelle quali almeno il 50% della massa è nel terzo superiore

Meccanismi di collasso

Collasso delle colonne (piano soffice): travi ancora elastiche, colonne tutte al limite elastico, cerniere plastiche attivate in un interpiano in corrispondenza dei pilastri

Collasso delle travi (da preferire): le travi hanno superato il limite elastico prima delle colonne, ogni trave ha due cerniere plastiche, per la formazione del meccanismo occorrono anche cerniere plastiche alla base delle colonne.

Fattore di struttura

Il fattore di struttura q è un coefficiente che tiene conto della duttilità della struttura, ossia della capacità di dissipare energia. Può essere calcolato tramite la seguente relazione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

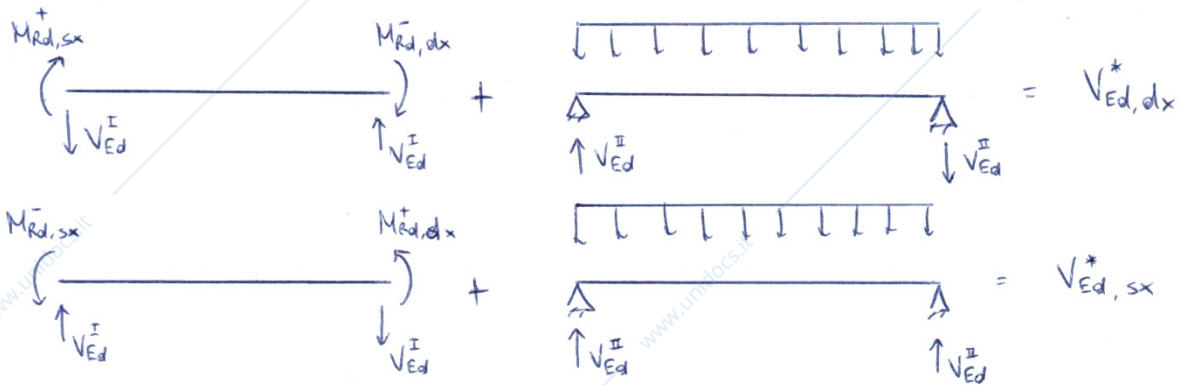
Dove:

q_0 è il valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa e dal rapporto α_u/α_1 che a sua volta dipende dalla tipologia strutturale e dalla classe di duttilità

K_R è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, e vale 1 per edifici regolari e 0,8 per edifici irregolari

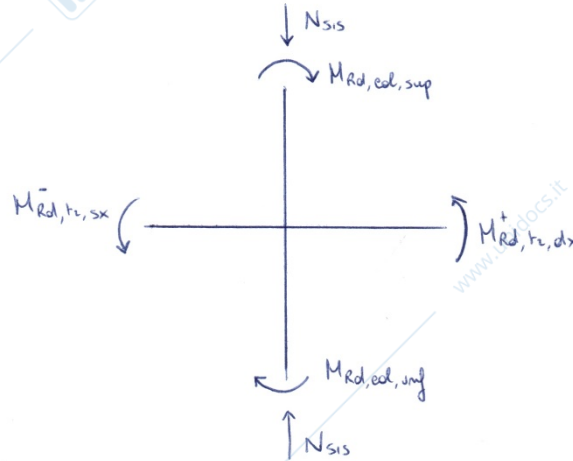
Verifica al taglio travi

Le sollecitazioni di taglio di calcolo V_{Ed}^* , nel rispetto della gerarchia delle resistenze, non sono quelle provenienti dall'analisi, ma sono la somma del contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata agli estremi, e delle sollecitazioni di taglio prodotte dai momenti resistenti delle due estremità, amplificati del fattore di sovrarresistenza γ_{Rd} , assunto pari a 1,2 per strutture in CD "A" e ad 1 per strutture in CD "B". Calcolo che va effettuato per entrambe le direzioni e per entrambi i versi di rotazione del momento resistente.



Verifica nodi trave-pilastro

Nella filosofia del capacity design, si deve evitare la formazione di cerniere plastiche nei pilastri, e fare in modo che l'energia del terremoto venga dissipata nelle travi. Per ottenere ciò si considera:



dove:

$M_{Rd,tr}$ è il momento resistente delle travi

N_{sis} è l'azione assiale derivante dalla combinazione di carico sismica

$M_{Rd,col}$ è il momento resistente calcolato considerando N_{sis}

Se i momenti sulle colonne derivanti dalla combinazione sismica sono concordi deve valere la relazione:

$$\sum M_{Rd,col} \geq \sum M_{Rd,tr} \cdot \gamma_{Rd}$$

Se sono discordi:

$$\max(M_{Rd,col,sup}; M_{Rd,col,inf}) \geq \max(M_{Rd,tr,dx}; M_{Rd,tr,sx}) \cdot \gamma_{Rd} + \min(M_{Rd,col,sup}; M_{Rd,col,inf}) \cdot \gamma_{Rd}$$

8. Calcestruzzo confinato

Sia la duttilità che la resistenza del calcestruzzo risultano notevolmente aumentate quando questo si trova in uno stato di compressione triassiale. Questo stato di tensione può essere ottenuto predisponendo una adeguata armatura trasversale in grado di contenere l'espansione laterale sotto carichi di compressione. Per assolvere questa funzione cerchiate le staffe devono essere perfettamente chiuse, cioè avere uncini ripiegati nel nucleo di calcestruzzo.

Per alti livelli di compressione l'espansione laterale del calcestruzzo viene contrastata dall'armatura trasversale, che esercita un confinamento passivo e previene l'instabile propagazione delle fessure. La pressione laterale esercitata dalle armature trasversali protegge il nucleo di calcestruzzo, ritardando la rottura dovuta allo scorrimento lungo le fessure.

Sostanzialmente si utilizzano due tipi di armature trasversali:

- Barre metalliche disposte a spirale;
- Staffe quadrate o rettangolari.

Le prime garantiscono un miglior effetto cerchiante poiché esercitano una compressione uniforme sul calcestruzzo. Le seconde esercitano il confinamento solo in prossimità delle barre longitudinali e nel centro della sezione.

Per aumentare il confinamento del calcestruzzo si può:

- Aumentare il rapporto geometrico di armatura trasversale;
- Prevedere anche barre trasversali intermedie;
- Diminuire la spaziatura tra le staffe;
- Aumentare il numero di barre longitudinali.

9. Acciaio

Le costruzioni in acciaio sono particolarmente vantaggiose in zona sismica poiché risultano meno pesanti rispetto ad altre tipologie costruttive e quindi soggette a forze orizzontali minori.

Tipologie strutturali

Le strutture sismo-resistenti in acciaio possono essere distinte, in accordo con il loro comportamento, nelle seguenti tipologie strutturali:

- **Strutture intelaiate:** composte da telai che resistono alle forze orizzontali con un comportamento prevalentemente flessionale. In queste strutture le zone dissipative sono principalmente collocate alle estremità delle travi in prossimità dei collegamenti trave-colonna, dove si possono formare le cerniere plastiche e l'energia viene dissipata per mezzo della flessione ciclica plastica.
- **Strutture con controventi concentrici:** nei quali le forze orizzontali sono assorbite principalmente da membrature soggette a forze assiali. In queste strutture le zone dissipative sono principalmente collocate nelle diagonali tese.
- **Strutture con controventi eccentrici:** nelle quali le forze orizzontali sono principalmente assorbite da membrature caricate assialmente, ma la presenza di eccentricità di schema permette la dissipazione di energia nei traversi per mezzo del comportamento ciclico a flessione e/o taglio.
- **Strutture a mensola o a pendolo inverso:** costituite da membrature pressoinflesse in cui le zone dissipative sono collocate alla base.
- **Strutture intelaiate con controventi concentrici:** nelle quali le azioni orizzontali sono assorbite sia dai telai che da controventi agenti nel medesimo piano.
- **Strutture intelaiate con tamponature:** costituite da tamponature in muratura o calcestruzzo non collegate ma in contatto con le strutture intelaiate.

10. Isolamento sismico

La protezione sismica passiva consiste non nell'aumentare la resistenza della struttura, ma nell'isolare la struttura dal terreno in modo che non assorba l'energia proveniente dal sisma.

Tali tecniche sono essenzialmente basate su due principi: forte dissipazione dell'energia, concentrata in particolari dispositivi inseriti nella struttura, e isolamento sismico, in cui si abbatte drasticamente l'energia trasmessa dal suolo alla struttura.

L'isolamento sismico consiste nel disaccoppiare il moto del terreno da quello della struttura introducendo una sconnessione lungo l'altezza, di solito alla base. La sottostruttura, rigidamente connessa al terreno, e la sovrastruttura sono collegate attraverso particolari dispositivi d'appoggio, detti isolatori, dotati di notevole rigidità in direzione verticale e di elevata deformabilità in direzione orizzontale.

Questo porta ad un aumento del periodo proprio della struttura, e quindi un aumento degli spostamenti, che però sono concentrati nel sistema di isolamento.