



STRATEGIE DI MIGLIORAMENTO/ADEGUAMENTO SISMICO

Per *strategia di miglioramento/adequamento* si intende generalmente l'approccio base adottato per migliorare/adequare la probabile prestazione sismica di un edificio.

Si dicono *sistemi*, invece, le specifiche tecniche che possono adottarsi per realizzare una particolare strategia (ATC 40, 1996).

Tra le strategie è poi utile distinguere:

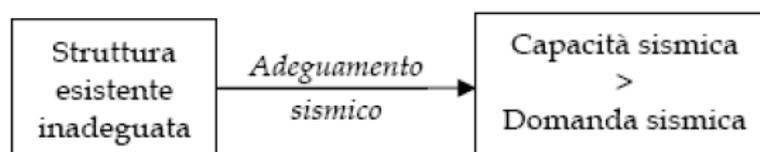
- le strategie tecniche, volte ad incrementare la capacità dell'edificio di resistere al sisma e/o a ridurre la domanda;
- le strategie di gestione che attengono, invece, più in generale, alle modalità operative e logistiche in cui ciascun intervento può essere implementato ed alla gestione, appunto, dell'edificio nel suo complesso (è in questo gruppo che, ad esempio, è opportuno inserire anche la demolizione come possibile strategia da perseguire).

Nella tabella sottostante sono riassunte, le principali strategie tecniche (con l'indicazione in parentesi di possibili sistemi utili ad attuarle) e di management.

STRATEGIE TECNICHE	STRATEGIE DI GESTIONE
<u>Completamento</u> Connessione di elementi esistenti, ancoraggio, controventatura di componenti esistenti, ...	<u>Cambio di destinazione d'uso</u>
<u>Rinforzo ed irrigidimento</u> Pareti, contrafforti, MRFs, rinforzo impalcati esistenti, ...	<u>Demolizione</u>
<u>Miglioramento capacità deformativa</u> Confinamento, rinforzo pilastri, riduzioni locali di rigidità, appoggi supplementari, ...	<u>Retrofit transitorio</u>
<u>Riduzione domanda sismica</u> Isolamento alla base, sistemi di dissipazione energetica, riduzione delle masse, ...	<u>Retrofit per fasi successive</u>
	<u>Retrofit edificio occupato</u>
	<u>Retrofit edificio vuoto</u>
	<u>Retrofit esterno</u>
	<u>Retrofit interno</u>

Strategie di retrofit (ATC 40, 1996)

Lo scopo di un intervento di miglioramento/adequamento sismico è quello di assicurare che la capacità della struttura adeguata sia superiore alla domanda imposta dal sisma (mutata anch'essa rispetto alla struttura originale a causa dell'intervento di miglioramento/adequamento). Raggiungere questo obiettivo è però spesso un percorso di notevole difficoltà.

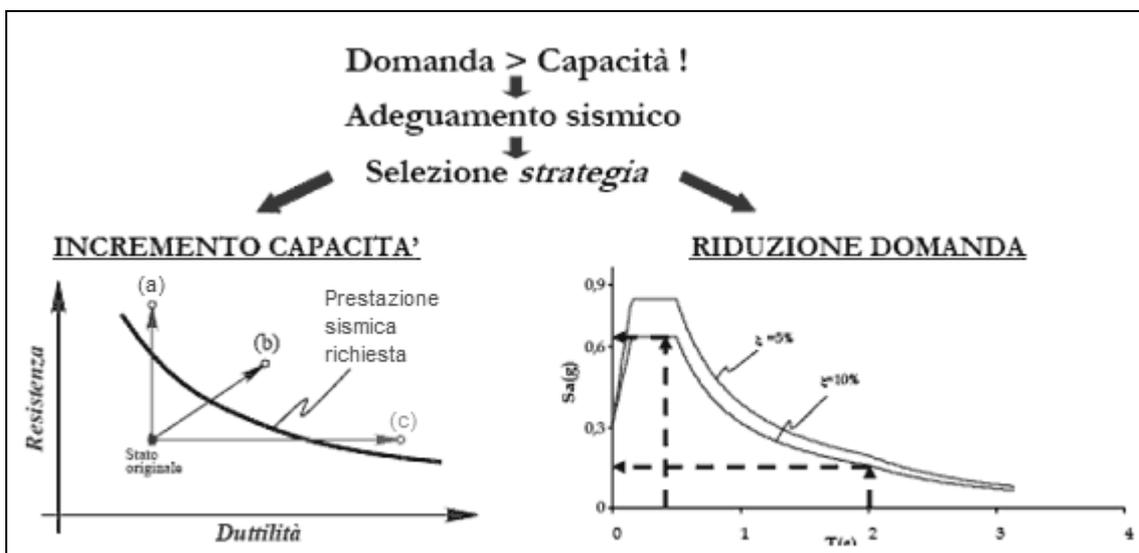




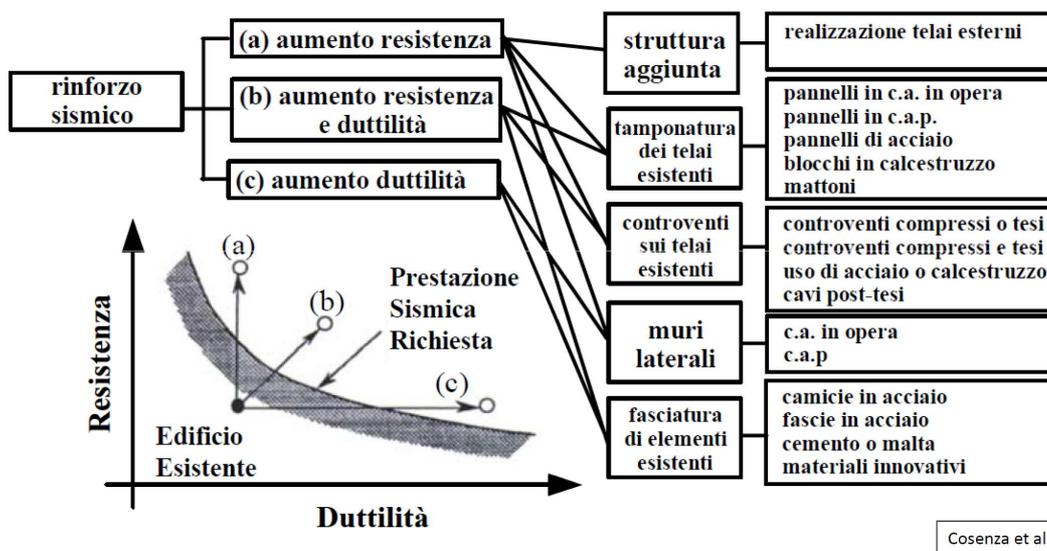
Nella pianificazione del progetto di miglioramento/adequamento è spesso utile valutare per prima cosa le strategie e i concetti a carattere generale che possono portare a soddisfare gli obiettivi prestazionali stabiliti, quindi selezionare i sistemi che meglio si adattano alle strategie scelte e alla struttura in esame ed infine definire i dettagli costruttivi del sistema scelto.

Due possono essere le strategie, cioè gli approcci base che possono essere seguiti per ottenere un certo livello di prestazione antisismica:

- 1) Incremento della capacità prestazionale;
- 2) riduzione della domanda prestazionale



Schema del progetto di miglioramento/adequamento



Cosenza et al.

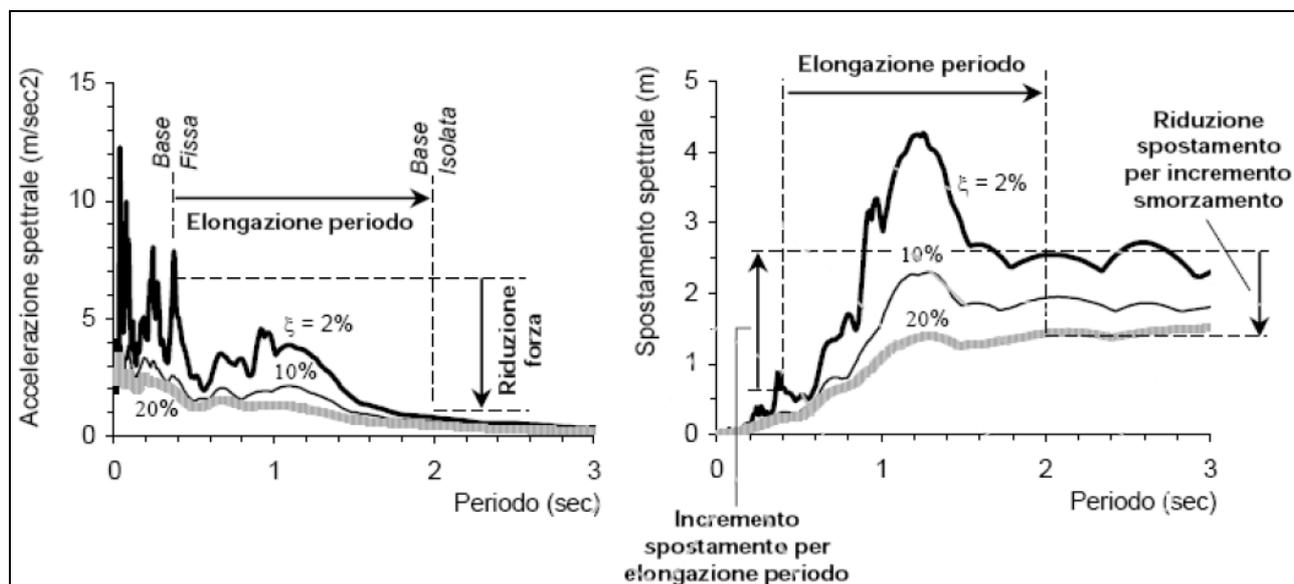
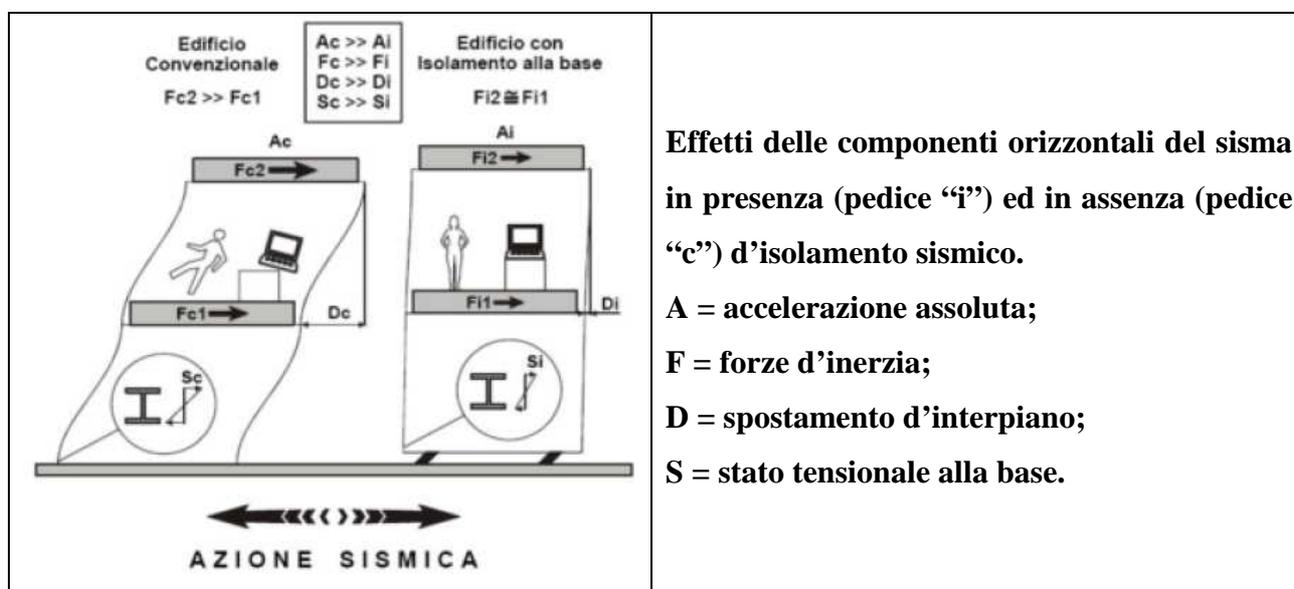
Incremento capacità: strategie alternative di miglioramento/adequamento sismico



1) La progettazione di un intervento di miglioramento/adequamento volto ad aumentare la capacità sismica può essere, in generale, orientato secondo tre diverse filosofie (come illustrato graficamente nella figura sottostante (Fugano, 1996)), un intervento strutturale può essere teoricamente teso ad aumentare solo la resistenza (a), solo la duttilità (c) o entrambi tali caratteristiche globali dell'edificio (b).

2) La progettazione di un intervento di adeguamento volto ad ridurre la domanda prestazionale può ottenersi mediante le seguenti tecniche:

- **isolamento sismico** [consiste nel disaccoppiare il moto della struttura da quello del terreno riducendo gli effetti distruttivi del sisma. Il disaccoppiamento avviene mediante “isolatori”, apparecchi d'appoggio che sconnettono la “sovrastuttura” dalle fondazioni riducendone le accelerazioni subite];



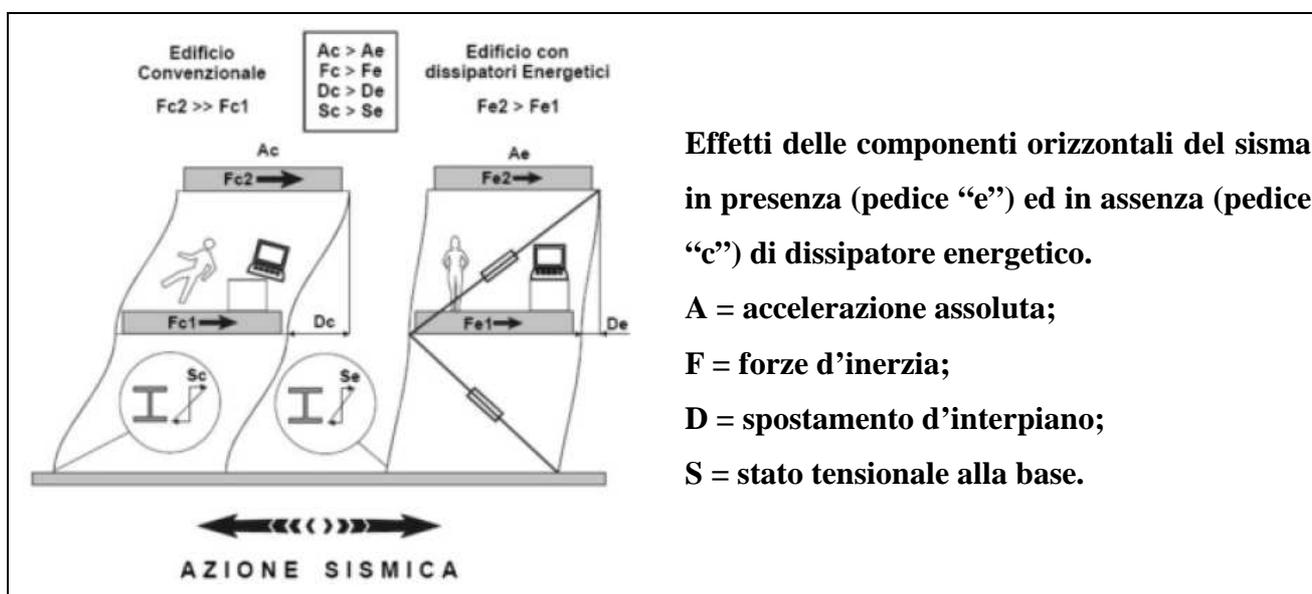
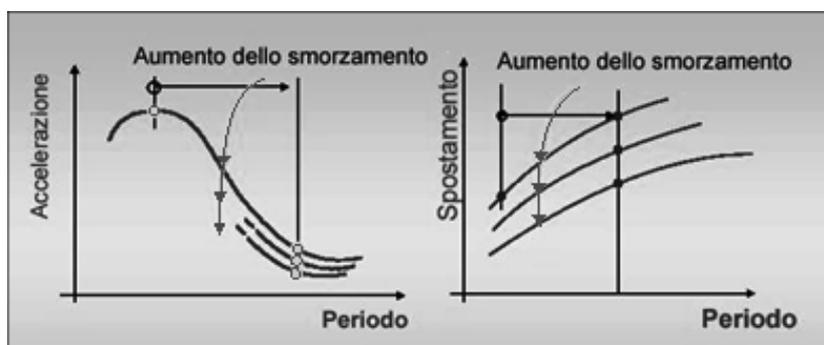


Un'altra importante proprietà degli isolatori è lo smorzamento viscoso. Nelle strutture in c.a. a base fissa lo smorzamento si pone convenzionalmente pari al 5% di quello critico; per quelle isolate lo smorzamento diventa invece una variabile di progetto, che è possibile scegliere in un ampio intervallo. Gli isolatori elastomerici più diffusi sono realizzati con 3 tipi di mescole: morbida, media, dura; in genere per mescole morbide e medie si ha uno smorzamento del 10-15% mentre per mescole dure del 15-20%, ma è possibile ottenere smorzamenti anche notevolmente maggiori. Avere a disposizione un elevato smorzamento è un vantaggio dal punto di vista dinamico, perché al crescere dello smorzamento si riducono le accelerazioni trasmesse];

- **dissipazione passiva** [l'energia in entrata nella struttura resta immutata (a differenza di quanto avveniva con gli isolatori) ma in parte viene assorbita da appositi dispositivi detti "dissipatori", che dissipano attraverso diversi meccanismi (sottoforma di: calore attraverso la plasticizzazione di acciai duttili, lo smorzamento viscoso attraverso dei fluidi siliconici, ecc.).

I dissipatori trovano valida applicazione laddove sono possibili, durante una sollecitazione dinamica, spostamenti relativi tra due elementi strutturali.

In termini pratici la dissipazione energetica consiste nel ridurre sia le accelerazioni trasmesse alla struttura (riducendo le forze d'inerzia) che gli spostamenti.





- **riduzione della massa;**
- **incremento della rigidità** (solo per edifici già particolarmente rigidi, su cui la riduzione del periodo proprio provoca una riduzione della richiesta di spostamento).

L'isolamento sismico e la dissipazione di energia sono tecniche d'intervento "di protezione passiva", in quanto riducono la risposta sismica della struttura non adattandosi interattivamente al terremoto, ma bensì subendolo passivamente attraverso un comportamento costante e predeterminato. Inoltre questi dispositivi possono entrare in funzione dopo lunghissimi periodi di inattività e quindi devono assicurare le costanza del comportamento nel tempo.

Oltre alla classificazione precedente, gli interventi di miglioramento/adequamento si distinguono ancora in *locali* o *globali*, in relazione all'entità dell'intervento; in *selettive* o *multiple*, in relazione all'influenza su uno o più aspetti del comportamento strutturale (ad esempio resistenza, rigidità o duttilità).

La maggior parte delle tecniche di miglioramento/adequamento modifica allo stesso tempo, intenzionalmente o meno, più di una proprietà dei parametri caratterizzanti la risposta dell'elemento (resistenza, rigidità, duttilità, capacità di dissipazione dell'energia).

CRITERI DI SCELTA DELLA TECNICA DI MIGLIORAMENTO/ADEGUAMENTO

La soluzione più idonea da adottare per il processo di miglioramento/adequamento di un edificio in c.a. esistente è funzione di molti parametri quali ad esempio:

- la tipologia strutturale dell'edificio;
- se riveste un ruolo strategico in caso di evento sismico;
- dalle conseguenze economiche in caso di interruzione delle sue funzioni;
- dal valore storico-artistico-architettonico, ecc...

Tali fattori possono imporre dei limiti su uno o più parametri di risposta della struttura come gli stati tensionali, le deformazioni, gli spostamenti, le accelerazioni, ecc.

La scelta del sistema e il relativo livello di intervento costituiscono una procedura piuttosto complessa, perché funzione di molti fattori di natura diversa.

Alcune strategie generali che possono essere adottate in un processo di miglioramento/adequamento sono:

- la limitazione o la variazione dell'utilizzo dell'edificio;
- la parziale demolizione;
- riduzione di massa
- l'aggiunta di nuovi sistemi che incrementano la resistenza ai carichi laterali;



- la trasformazione di elementi non strutturali in strutturali;
- la modifica locale o globale (rigidezza, resistenza e duttilità) di elementi e del sistema.

In aggiunta possono essere utilizzate strategie più moderne come:

- l'isolamento alla base;
- il posizionamento di sistemi di dissipazione passiva, ecc...

A queste va aggiunta anche l'alternativa di "non intervento" o "demolizione" se qualunque strategia di miglioramento/adequamento risulta essere eccessivamente costosa o molto invasiva. In tal caso però l'alternativa di "non intervento" deve sempre garantire la salvaguardia delle vite umane sotto un'assegnata azione sismica attesa.

Da un punto di vista tecnico, la selezione dei tipo e del livello di intervento deve essere compatibile con il sistema strutturale esistente, con i materiali previsti per il miglioramento/adequamento e con le tecnologie disponibili in loco.

Ulteriori fattori da ben ponderare riguardano i possibili danni che potrebbero investire i componenti non strutturali e le conseguenze derivanti dal miglioramento/adequamento sul sistema fondale, in termini di capacità portante del complesso terreno-fondazione. E' necessario valutare in modo dettagliato gli effetti del miglioramento/adequamento in termini di variazioni della regolarità strutturale, di rigidezza, di resistenza e duttilità .

Thermou&Elnashai (*Seismic retrofit schemes for RC structures and local-global Consequences-G.E. Thermoul and A. S. Elnashai 2005*) consigliano di impostare il progetto di miglioramento/adequamento di un edificio esistente procedendo per fasi.

La prima fase è quella relativa ad un'attenta valutazione dell'edificio allo stato attuale, con il raggiungimento di adeguati livelli di conoscenza, come già descritto nei capitoli precedenti e come richiedono oramai tutte le normative sismiche.

Terminata al fase di valutazione, l'obiettivo della riabilitazione dell'edificio è fissato in base ad un livello prestazionale (in termini di danno accettabile) da raggiungere. L'obiettivo prestazionale dell'edificio può essere descritto qualitativamente in termini di sicurezza degli occupanti durante e dopo l'evento, di costo e fattibilità del ripristino della costruzione nelle condizioni precedenti al sisma, di tempo che l'edificio può rimanere inagibile, di aspetti di tipo economico, architettonico o storico, e più in generale di impatto che la fase di miglioramento/adequamento ha sulla comunità .

Si sviluppa poi un progetto preliminare di miglioramento/adequamento (scegliendo una o più strategie di intervento) e analizzandone i risultati se coerenti agli obiettivi prestazionali stabiliti.

Vengono effettuate distinte valutazioni per ogni combinazione di obiettivi prestazionali imposti all'edificio e per un determinato rischio sismico specificato nell'obiettivo prestazionale selezionato.



Se il progetto di miglioramento/adequamento non è coerente con i criteri fissati per l'obiettivo scelto, gli interventi devono essere riprogettati o modificare la strategia di intervento.

TECNICHE DI INTERVENTO LOCALE

Interventi locali sugli elementi isolati del sistema strutturale e non strutturale hanno lo scopo di aumentare la loro capacità deformativa evitando che essi raggiungano il proprio stato limite prima che l'edificio pervenga al livello prestazionale richiesto. Quest'ultimo inteso come livello di danneggiamento delle membrature e/o degli elementi secondari, che possono essere raggiunti, o non superati, quando la struttura è soggetta all'azione sismica, identificata in genere con parametri quali l'accelerazione di picco al suolo.

Tecniche di intervento locale possono essere applicati a gruppi di elementi che mostrano carenze strutturali (per es. perdita d'appoggio, rovesciamento, ecc.) e dalla combinazione di più tecniche di intervento locale si può ottenere il richiesto comportamento prestazionale dell'edificio sotto un determinato input sismico di progetto.

Possono essere:

- dispositivi meccanici che impediscono la perdita di appoggio delle travi;
- dispositivi meccanici anti-ribaltamento;
- incamiciatura in acciaio per il confinamento delle zone critiche dei pilastri/travi;
- consolidamento con materiali compositi FRP per il confinamento delle zone critiche dei pilastri/travi;
- iniezioni di malta a ritiro compensato o resina epossidica;
- spritz-beton (Shotcrete);
- ecc.





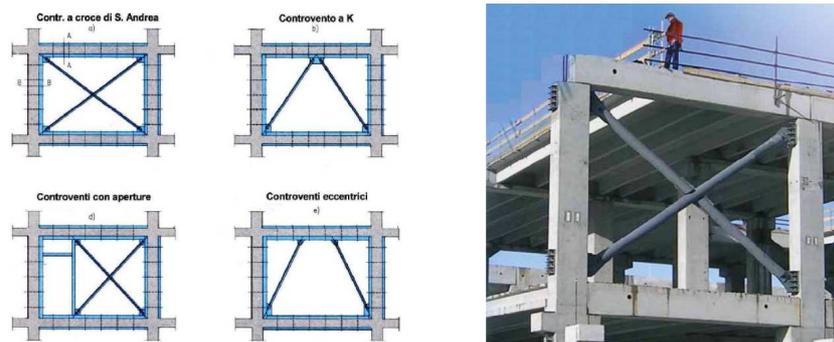
TECNICHE DI INTERVENTO GLOBALE

Qualora la strategia di intervento è finalizzato a migliorare le caratteristiche di resistenza, duttilità o rigidità dell'intera struttura, la tecnica di miglioramento/adequamento si definisce globale.

Possono essere:

- incravattatura metallica con connessione alla fondazione;
- incamiciatura in c.a.;
- aggiunta di nuove pareti in cemento armato;
- aggiunta di contrafforti o murature esterne;
- aggiunta di un nuovo sistema di controventi in acciaio;
- isolamento sismico;
- inserimento di dissipatori energetici;
- ecc.

Esempi di intervento globale: *Controventi in acciaio:*



Nuove pareti in cemento armato:



Incamiciatura in c.a.:

