



I SOLAI COLLABORANTI NELLA PROGETTAZIONE ANTISISMICA

Autore Ing. Enrico Nespolo

Dal 2004 presso Tecnaria S.p.A. come responsabile dell'Ufficio Tecnico, Ricerca e Sviluppo.

Società Tecnaria S.p.A.

Società italiana specializzata nella produzione di connettori per solai misti e di sistemi di rinforzo di solai esistenti.

Data: Luglio 2014

Sommario: In questo documento si esamina il solaio come elemento strutturale non solo per quanto riguarda le sue funzioni normali, cioè quelle che deve assolvere quotidianamente, ma soprattutto per quelle che è chiamato ad assolvere in circostanze eccezionali, quali ad esempio un sisma.

In particolare si evidenziano due caratteristiche che il solaio dovrà avere per essere integrato in un edificio costruito con criteri antisismici: il comportamento rigido del solaio (*RIGIDEZZA DI PIANO*) e il collegamento con le strutture verticali (*CONTINUITA' STRUTTURALE*).

La presenza di entrambi questi fattori permette all'edificio di avere un requisito importante ai fini antisismici dell'edificio, ovvero il cosiddetto *COMPORTAMENTO SCATOLARE*.

Nel documento vengono presentate svariate tecniche di intervento sui solai esistenti o di realizzazione di solai nuovi e per ognuna viene valutata l'efficacia della soluzione in rapporto alle due caratteristiche.

In particolare la tecnica del solaio collaborante, cioè l'unione di travi in legno, acciaio o calcestruzzo con una soletta in calcestruzzo armata a mezzo di appositi connettori, è uno dei sistemi che permette la realizzazione di questi requisiti.

Keywords: rinforzo solai esistenti, antisismica, connettori, comportamento scatolare.

INDICE

INDICE.....	2
PREMESSA	3
INTRODUZIONE	4
I SOLAI E LE AZIONI ORDINARIE	6
DEFINIZIONE DI “SOLAI”	6
1° FUNZIONE DEI SOLAI: PIANO DI SOSTEGNO DEI CARICHI	6
2° FUNZIONE DEI SOLAI: LEGAME TRA LE PARETI	7
I SOLAI E LE AZIONI STRAORDINARIE: SISMA.....	8
SPINTA ORIZZONTALE (MOTO ONDULATORIO)	8
SPINTA VERTICALE (MOTO SUSSULTORIO)	8
COLLASSO STRUTTURALE PER MANCANZA DI CONNESSIONE (1° MODO)	8
COLLASSO STRUTTURALE PER MANCANZA DI RESISTENZA (2° MODO)	9
IL COMPORTAMENTO SCATOLARE	9
I REQUISITI DEL SOLAIO NELLA NORMATIVA ANTISISMICA ITALIANA	11
1. FUNZIONAMENTO A DIAFRAMMA – RIGIDEZZA DI PIANO	11
ESEMPI DI SOLAI NON RIGIDI E POSSIBILE INTERVENTO DI IRRIGIDIMENTO.....	14
2. CONTINUITA’ STRUTTURALE	17
TIPICI INTERVENTI DI COLLEGAMENTO PERIMETRALI.....	17
<i>Collegamento muratura soletta tramite barra fissata con resina epossidica</i>	<i>17</i>
<i>Collegamento muratura soletta tramite barra trattenuta da elemento di contrasto esterno</i>	<i>19</i>
<i>Collegamento muratura soletta con barra piegata avente forma di coda di rondine.....</i>	<i>19</i>
<i>Collegamento tra pareti tramite tirante.....</i>	<i>21</i>
<i>Collegamento muratura soletta tramite cordolo in cemento armato: strutture nuove</i>	<i>22</i>
<i>Il cordolo perimetrale – cerchiatura esterna: strutture esistenti.....</i>	<i>23</i>
IL FATTORE PESO E L’AUMENTO DI RIGIDEZZA.....	25
INCREMENTO DI PESO DI UN SOLAIO ESISTENTE DOVUTO ALLA SOLETTA COLLABORANTE: UN PROBLEMA LIMITABILE.....	25
UN SOLAIO LEGGERO AD ALTE PRESTAZIONI: IL SOLAIO LEGNO E CALCESTRUZZO.....	26
L’INTERVENTO	27
I SISTEMI DI CONNESSIONE TECNARIA PER IL RINFORZO DI SOLAI	28
<i>Solai in legno: connettori CTL BASE e CTL MAXI Tecnaria.....</i>	<i>28</i>
<i>Solai in acciaio: connettori CTF e DIAPASON Tecnaria</i>	<i>29</i>
<i>Solai in laterocemento: Connettore CTCEM Tecnaria.....</i>	<i>30</i>
<i>Collegamenti tra solai e murature: resine epossidiche RTEC400 Tecnaria</i>	<i>31</i>
INTERVENTI REALIZZATI.....	32
SOLAI IN LEGNO.....	32
SOLAI IN ACCIAIO.....	33
SOLAI LATEROCEMENTIZI	34
CONCLUSIONI	35

PREMESSA

Il presente documento intende essere una delle fonti di informazioni che permettono al progettista di farsi una idea personale delle scelte da fare caso per caso, in base alle esigenze specifiche che riscontrerà nel fabbricato sui cui deve intervenire.

Le indicazioni progettuali e le valutazioni sui vari possibili interventi riportate nel seguito del presente documento rappresentano le opinioni personali dello scrivente e non sono da intendersi come indicazioni progettuali esaustive per realizzare tutti gli interventi di rinforzo sismico o statico.

Tali informazioni sono, in ogni caso, corredate da motivazioni specifiche illustrate caso per caso.

Esse rappresentano la sintesi di anni di scambio di opinioni tra l'Ufficio Tecnico di Tecnaria ed i professionisti di tutta Italia che si sono confrontati al fine di reperire modalità di intervento che fossero al contempo corrette teoricamente e applicabili praticamente.

INTRODUZIONE

Evoluzione della percezione del problema sismico in Italia.

Negli ultimi dieci anni in Italia vi sono stati vari eventi sismici con forte impatto in termini di vite umane e di danni agli edifici: nel 2002 *San Giuliano di Puglia*(CB), nel 2009 *L'Aquila*, nel 2012 *Emilia Romagna*, nel 2013 *Toscana – Emilia Romagna (Garfagnana)*.

La frequenza e la portata di questi eventi ed i numerosi altri episodi sismici aventi conseguenze minori hanno mutato la percezione da parte della popolazione del pericolo sismico. Si sta via via abbandonando l'atteggiamento fatalista secondo il quale per il terremoto c'è ben poco da fare e sta scemando anche la speranza che tali eventi siano così rari che non si verifichino mai nella propria zona.

La consapevolezza che il problema non sia l'evento terremoto, di per sé inevitabile, ma la scarsa qualità degli edifici, sta spostando l'attenzione sulle azioni concrete che si possono intraprendere per limitare i danni agli immobili e di conseguenza alle persone, il tutto con costi accettabili.



In particolare ci si è resi conto che anche lievi scosse possono causare gravissime conseguenze se gli edifici non sono dotati di alcuni dettagli costruttivi; mettendo quindi in pratica alcune misure correttive si possono realizzare grandi miglioramenti.

Alcuni interventi su fabbricati esistenti sono infatti realizzabili a costi ragionevoli e sono previsti necessariamente in tutte le nuove costruzioni.

Si noti che comunque rimane difficile garantire l'adeguamento di un fabbricato esistente¹ ai livelli di sicurezza di una costruzione antisismica nuova; in ogni caso si può solamente cercare di garantire l'incolumità delle persone e non l'integrità dell'edificio (salvo l'adozione di sistemi molto invasivi).

Nell'immagine la Classificazione sismica dell'Italia al 2012.²

¹ *Edifici esistenti: definizione*

Parlando di "fabbricati esistenti" è necessario capire che non si fa riferimento esclusivo ad edifici molto vecchi. Anche fabbricati relativamente recenti possono essere privi di dettagli antisismici. Infatti, anche se nel 2003 è stata introdotta una nuova classificazione sismica del territorio italiano che ha esteso notevolmente le zone a rischio sismico maggiore, solo dal luglio 2009 sono effettivamente diventate cogenti le nuove norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14/01/2008) e quindi tutte le costruzioni private progettate prima del luglio 2009 potrebbero essere prive dei dettagli costruttivi efficaci in caso di sisma.

La normativa tecnica è la guida obbligatoria nelle scelte di intervento.

Prima della normativa attuale (D.M. 14/01/2008) l'indicazione in merito ai solai in zona sismica era quella di sostituire i solai esistenti, ritenuti troppo deformabili, con nuovi solai in laterocemento.

Conseguentemente negli anni sono stati sostituiti numerosi solai leggeri con altri ben più pesanti e nella sostituzione non è stata prestata alcuna attenzione al collegamento di questi nuovi solai con l'esistente. Questi interventi hanno quindi portato ad un pessimo comportamento del solaio: il maggior peso ha causato una maggior spinta, non trattenuta dalla muratura. Inoltre nelle zone ove si è sostituito il solaio, l'intervento ha creato dei punti deboli nella muratura.

La normativa attuale (il D.M. 14/01/2008) lascia libertà progettuale e spinge il progettista nella direzione del massimo rispetto del funzionamento esistente del fabbricato, mettendo in risalto la necessità di una serie di piccoli interventi locali di rinforzo, collegamento ed irrigidimento, evitando, per quanto possibile, di sconvolgere il funzionamento esistente del fabbricato.

² Dal sito delle Protezione Civile <http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/classificazione.wp>

I SOLAI E LE AZIONI ORDINARIE

Abbiamo detto che il solaio è chiamato principalmente ad assolvere delle funzioni ordinarie; è opportuno fornire alcune nozioni di base che aiutino a comprendere l'argomento.

Definizione di "solai"

Il concetto di per sé è semplice, poiché il termine è in uso anche nel linguaggio comune.

"Si definiscono solai quelle strutture bidimensionali piane caricate ortogonalmente al proprio piano, con prevalente comportamento resistente monodirezionale,... svolgono il compito di assolvere alla sicurezza statica al fine di ripartire i carichi sulle travi perimetrali della struttura di elevazione dell'edificio. La struttura portante del solaio può essere realizzata in legno, in calcestruzzo armato o in acciaio con la presenza o meno di altri materiali (ad esempio elementi in laterizio o pannelli di polistirolo), con funzione prevalente di alleggerimento"³.

1° funzione dei solai: piano di sostegno dei carichi

I solai sostengono direttamente i carichi e li trasferiscono alla struttura in elevazione cioè ai pilastri, colonne o murature che sono a loro volta chiamati a trasmettere il carico alle fondazioni.

Questa funzione è quella ovviamente svolta da tutti i solai.⁴

In dettaglio questa funzione si compone delle seguenti capacità strutturali:

- portare determinati carichi (resistenza del solaio);
- non deformarsi eccessivamente (rigidezza del solaio);
- non vibrare per azioni impulsive;
- resistere a carichi concentrati.

Il solaio deve avere anche altre capacità, quelle di compartimentazione:

- isolare i vani acusticamente;
- isolare i vani termicamente;
- bloccare la propagazione di incendi.

Per ottenere tutte queste capacità la creazione di una soletta in calcestruzzo superiore risulta una soluzione pratica e molto spesso utilizzata sia per solai nuovi che per interventi su solai esistenti.

³ fonte: www.wikipedia.it sotto la voce "solai".

⁴ Nei solai esistenti si deve spesso fare i conti con una loro ridotta capacità portante non sufficiente rispetto le attuali esigenze.

Una tecnica volta a incrementare la capacità portante è quella della soletta in calcestruzzo resa collaborante ai travetti del solaio tramite connettori a taglio. La struttura con questo intervento è costituita da travetto e da soletta; la sezione risulta di spessore maggiore, il che comporta incremento di rigidezza e aumento di resistenza, con conseguente maggiore capacità portante.

Per approfondimenti su questi aspetti e dettagli costruttivi vedi www.tecnaria.com.

La soluzione della soletta collaborante permette di ottenere vantaggi statici e sismici.

2° funzione dei solai: legame tra le pareti

La seconda funzione del solaio è quella di collegare le pareti e quindi di permettere che queste si stabilizzino a vicenda. Infatti quattro pareti verticali sono più stabili se legate per mezzo di un solaio rispetto al caso di quattro pareti autonome svettanti.

Da questo punto di vista però, la vita ordinaria di un fabbricato porta sollecitazioni di bassa entità, dovute principalmente al vento, alle imprecisioni di realizzazione (fuori squadra), ai cedimenti del terreno o ai carichi accidentali.

Molto spesso il legame tra il solaio e le pareti è stato semplicemente realizzato tramite il solo appoggio del solaio sulla muratura. Il peso proprio sulle pareti perimetrali può generare quell'attrito tale da permettere il legame che sarà sufficiente per la vita "ordinaria" dell'edificio.

Già da queste premesse si intuisce che in caso di eventi eccezionali come trombe d'aria o terremoti, l'unione fornita dal semplice attrito non è idonea a supportare forti azioni combinate dirette verso l'alto e lateralmente. In tali situazioni il solaio perde il legame con le pareti, che diventano setti verticali solamente appoggiati al terreno e sollecitati lateralmente. In questa situazione il collasso è inevitabile.

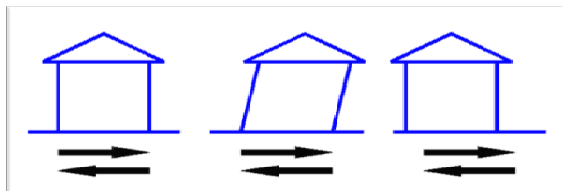
I SOLAI E LE AZIONI STRAORDINARIE: SISMA

Il sisma si manifesta in superficie come un'oscillazione del terreno, possibile sia in direzione orizzontale che in direzione verticale.

Spinta orizzontale (moto ondulatorio)

La prima, l'oscillazione orizzontale, si tramuta in un insieme di spinte trasversali applicate all'edificio dipendenti dalle masse e dalla rigidità dell'edificio stesso. Queste spinte possono generare ribaltamenti di elementi e crolli laterali.

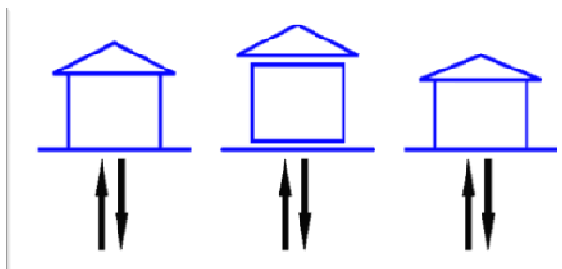
Sono gli elementi verticali⁵ ad essere sollecitati dal sisma in maniera "anomala" cioè in modo eccezionale rispetto alla loro funzione quotidiana. Le norme antisismiche si focalizzano quindi per la maggior parte nel dare le indicazioni di dimensionamento di queste strutture al fine di resistere alle spinte laterali.



Spinta verticale (moto sussultorio)

L'altra direzione del moto oscillatorio del terreno dovuto al sisma è quella verticale.

Il moto sussultorio del terreno può rendere inefficaci i collegamenti tra solai e pareti che si basano semplicemente sull'attrito.



Collasso strutturale per mancanza di connessione (1° modo)

Un primo modo di collasso delle strutture (MANCANZA DI CONNESSIONE) è quello dovuto alla carenza nel collegamento tra solaio e pareti e può avvenire già per spinte sismiche di bassa entità, vale a dire per terremoti di bassa magnitudo, quindi piuttosto frequenti.

In questi casi si hanno cedimenti per *rotazioni* e *perdite di stabilità* di elementi; infatti:

- il moto ondulatorio può sfilare i solai dal loro appoggio con inevitabile caduta del solaio stesso;
- la forza sismica non viene trasmessa alla pareti resistenti al sisma, bensì va a spingere le pareti deboli rispetto al sisma.

Se le pareti non sono collegate tra loro, la resistenza antisismica decade in quanto ciascuna parete si comporta autonomamente e riceve una spinta sismica nella direzione in cui è più debole.

⁵ Si intendono per "elementi verticali" ad esempio le pareti in muratura per le abitazioni di uno o due piani, le colonne in calcestruzzo per gli edifici multipiano e i pilastri per i capannoni industriali



Possibile distacco di una parete per spinta sismica esercitata da un solaio sulla muratura non collegata (al solaio e alle altre murature).



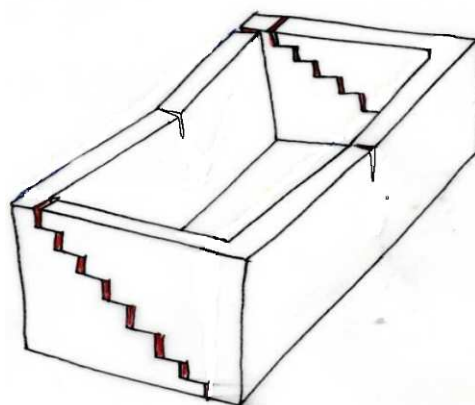
Nel terremoto del 2012 in Emilia Romagna molti capannoni industriali crollarono per il fatto che gli elementi di copertura erano semplicemente appoggiati sulle travi, che, a loro volta, erano semplicemente appoggiate ai pilastri. La spinta orizzontale, abbinata alla spinta verticale, ha annullato il collegamento per attrito spostando i tegoli fuori dalle travi.

Collasso strutturale per mancanza di resistenza (2° modo)

Il secondo modo di collasso è quello dovuto alla mancanza di resistenza (COLLASSO STRUTTURALE) delle pareti verticali.

Questo è possibile solo se il primo modo è scongiurato e in generale avverrà per spinte sismiche di maggiore entità. In questi casi la spinta sismica viene portata (tramite il solaio) a spingere i setti murari nella direzione della loro massima resistenza. L'eventuale rottura potrà accadere per rottura interna del materiale.

In una struttura antisismica correttamente concepita si evitano entrambi i tipi di collasso verificando che la resistenza del setto murario sia superiore alla forza cui è sottoposto.



Nella progettazione di un edificio nuovo gli accorgimenti costruttivi possono avere un'incidenza in termini economici ridotta.

Invece nel recupero di edifici esistenti un completo adeguamento antisismico generalmente prevede interventi pesanti su tutte le strutture (murature, fondazioni, terreno...). Nel presente documento ci limiteremo a trattare il miglioramento che si può ottenere intervenendo solo per eliminare la mancanza di connessione.

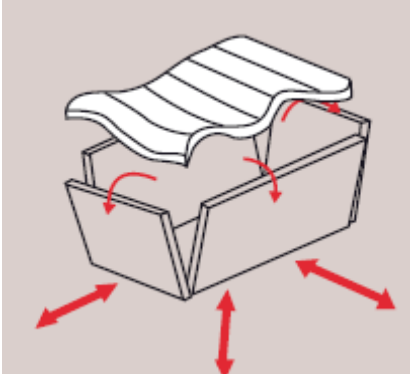
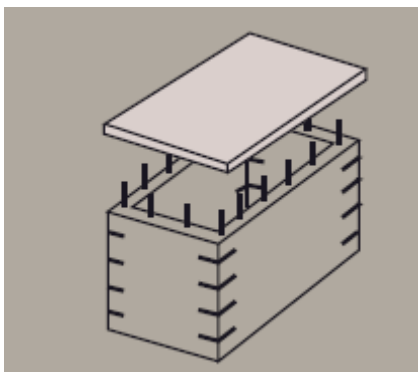
Il comportamento scatolare

E' quindi necessario che le forze sismiche che agiscono nei solai siano trasmesse alle strutture verticali in maniera efficace (CONTINUITA' STRUTTURALE) ed è necessario che i solai⁶ siano poco deformabili (RIGIDEZZA DI PIANO) in modo da trasmettere la spinta sismica alle pareti adeguate a resistere al sisma.

Inoltre il peso proprio di pareti e solai deve essere ridotto al minimo possibile in modo tale che l'oscillazione del terreno causi spinte di bassa entità.

⁶ Sia solai di interpiano piani che solai di copertura, piani od inclinati

Per ottenere questo scopo l'insieme costituito da pareti e da solai deve essere unito e rigido in modo tale da far assumere al fabbricato il cosiddetto comportamento scatolare.

	
Pareti svettanti: grande rischio di crollo	Pareti legate: elevata resistenza. Comportamento scatolare. Le pareti parallele al sisma sono le più resistenti e possono dare il loro contributo resistente. Le pareti trasversali al sisma sono trattenute e non crollano fuori dal proprio piano

I REQUISITI DEL SOLAIO NELLA NORMATIVA ANTISISMICA ITALIANA

Le attuali norme tecniche (Decreto Ministeriale 14/01/2008)⁷ forniscono le indicazioni per le verifiche dei fabbricati sia nuovi che esistenti sollecitati da un'azione sismica.

In merito alla funzione del solaio la norma precisa che:⁸

“I solai devono assolvere funzione di ripartizione delle azioni orizzontali tra le pareti strutturali, pertanto devono essere ben collegati ai muri e garantire un adeguato funzionamento a diaframma.

1. FUNZIONAMENTO A DIAFRAMMA – RIGIDEZZA DI PIANO

Il funzionamento “a diaframma” consiste nella capacità di ripartire la spinta sismica orizzontale tra le varie pareti resistenti (setti murari) in relazione alla loro rigidezza e alla loro distanza dal centro di rigidezza. Per esplicitare questa funzione il solaio deve essere sufficientemente rigido.

La normativa indica che⁹:

“Gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano, a condizione che siano realizzati in cemento armato, oppure in latero-cemento con soletta in c.a. di almeno 40 mm di spessore, o in struttura mista con soletta in cemento armato di almeno 50 mm di spessore collegata da connettori a taglio opportunamente dimensionati agli elementi strutturali in acciaio o in legno e purché le aperture presenti non ne riducano significativamente la rigidezza.”

In sostanza i requisiti di rigidezza sono questi:

1. vi deve essere una soletta in calcestruzzo, spessore 4 o 5 cm minimo a seconda dei casi;
2. tale soletta deve essere armata, cioè vi deve essere per lo meno una rete elettrosaldata;
3. tale soletta deve essere unita ai travetti esistenti; nel caso di nuove solette in c.a. esse devono essere fatte in un unico getto con i travetti, in tutti gli altri casi devono essere connesse con connettori a taglio ai travetti;
4. non vi devono essere aperture all'interno del solaio che ne riducano significativamente la rigidezza.

Una soletta di calcestruzzo armata e resa collaborante con connettori soddisfa pertanto i primi tre requisiti sopra citati richiesti dalla norma.¹⁰

Quindi nel caso di solai in laterocemento esistenti senza cappa o con cappa non armata, una soletta connessa ai travetti renderebbe i solai rigidi. Se il solaio invece è costituito da travi disgiunte, come ad esempio da travi in legno con piano superiore in tavelle o in semplice tavolato oppure da travi in acciaio con voltine in mattoni o tavelloni in laterizio, il solaio non è infinitamente rigido.

La presenza di connettori serve (anche) ad impedire che la soletta possa deformarsi fuori dal proprio piano quando compressa dalle forze sismiche. Infatti essa può essere di spessore molto basso e il rischio di instabilità sarebbe possibile. I connettori trattengono la soletta nella propria posizione legandola ai travetti, permettendo così che la soletta possa raggiungere elevati livelli di compressione.

Si noti che la norma appare piuttosto evasiva nelle indicazioni relative al dimensionamento dei connettori, riportando solo che essi devono essere “opportunamente dimensionati”.

Si faccia attenzione al fatto che i connettori non lavorano a taglio per questa funzione. Infatti essi non trasmettono la forza sismica dalla soletta alle travi, essendo la forza sismica traferita direttamente dalla soletta alla muratura (senza quindi interessare le travi). Il loro scopo è invece quello di trattenere la soletta che potrebbe uscire dal proprio piano per instabilità per compressione, quindi i connettori sono sollecitati a trazione o compressione.

Nei casi in cui il solaio abbia connettori correttamente dimensionati per l'azione di taglio¹¹ si ritiene che anche questa funzione sia correttamente svolta.

⁷ Le norme sono reperibili presso il sito internet del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

http://www.cslp.it/cslp/index.php?option=com_content&task=view&id=66&Itemid=1

⁸ al punto 7.8.1.4

⁹ al punto 7.2.6

¹⁰ Il secondo requisito sarà quello del collegamento di questo diaframma con le murature.

Il connettore deve garantire una sufficiente resistenza a trazione grazie alla sua forma.¹²

Nei calcoli si può anche tenere conto di solai deformabili (quindi non infinitamente rigidi)¹³, ma essi non possono essere costituiti da elementi singoli separati. Infatti elementi singoli in caso di sisma si potrebbero muovere in maniera non omogenea, causando così martellamenti e crolli locali.

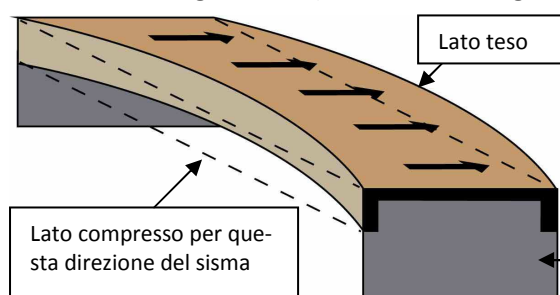
In sostituzione alla soletta in calcestruzzo armata collaborante potrebbero essere realizzati diaframmi in strati di tavolato o di compensato solidarizzati alle travi del solaio a mezzo di spinotti e resine.

Tali soluzioni, possibili per i soli solai in legno, sono nella pratica scarsamente utilizzate per la loro difficoltà esecutiva,¹⁴ di calcolo¹⁵ e per il fatto che le unioni con le pareti sono realizzabili con maggiori difficoltà.



Possibile effetto martellamento di travi di solaio non collegate a cappa rigida.

Per quanto riguarda il punto 4 (come evitare che aperture all'interno del piano rigido riducano la rigidità in maniera significativa) è necessario seguire alcune regole costruttive.



I due lati (tratteggiati nel disegno) di bordo del solaio (diaframma) devono essere integri e continui.

Nel ripartire la forza sismica tra le due pareti resistenti al sisma (in grigio nel disegno), il solaio si comporta come una trave; un bordo risulta teso e un bordo risulta compresso.

Il sisma ovviamente sollecita il solaio in tutte le direzioni, quindi le attenzioni vanno rivolte a tutte le pareti.

E' quindi importante (e richiesto dalla norma) localizzare eventuali aperture sul solaio in maniera congruente con questo modo di funzionare. Per maggiore chiarezza seguono alcuni esempi.

¹¹ Per questo dimensionamento sono disponibili indicazioni progettuali nella normativa italiana DM 8/1/2008 e negli Eurocodici EN 1992-1-1 (strutture in calcestruzzo), EN 1994-1-1 (strutture in acciaio) e EN 1995-1-1 (strutture in legno).

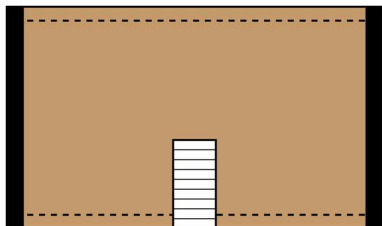
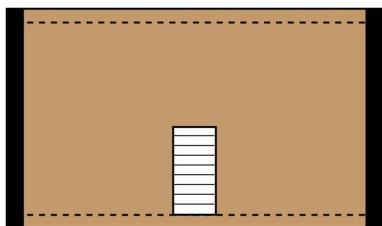
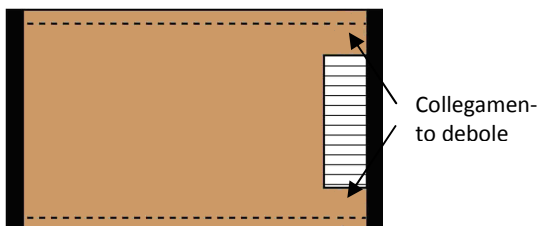
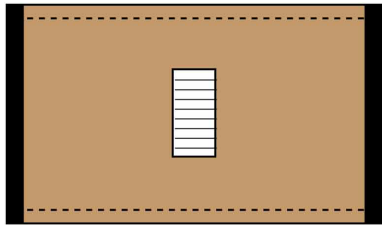
¹² Tale convinzione è giustificata dal fatto che, secondo la EN1994-1-1, connettori con testa avente diametro 1.5 volte il diametro del gambo e spessore non minore di 0.4 volte il diametro hanno sufficiente resistenza a trazione per prevenire il distacco della soletta dalla trave.

Altre forme sono possibili come gambi o piatti in acciaio uncinati, piegati o a forma di staffe chiuse.

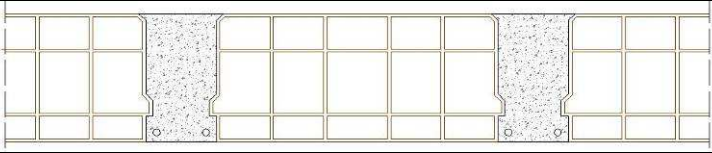
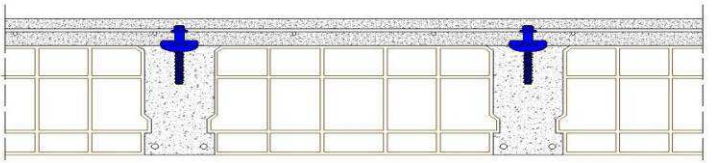
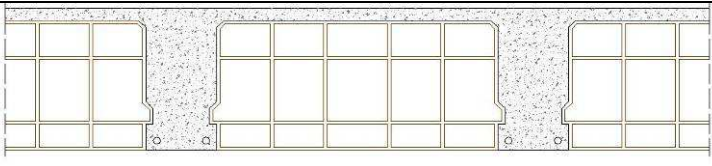
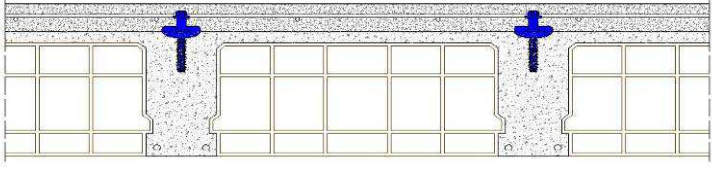
¹³ Come ad esempio i solai con singolo o doppio tavolato in legno.

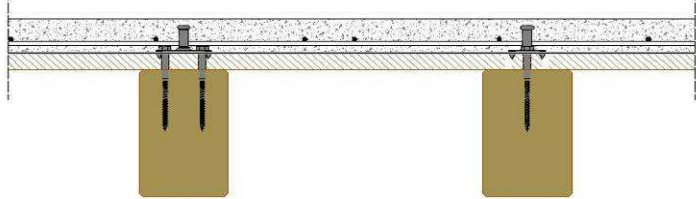
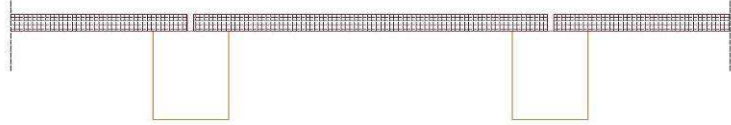
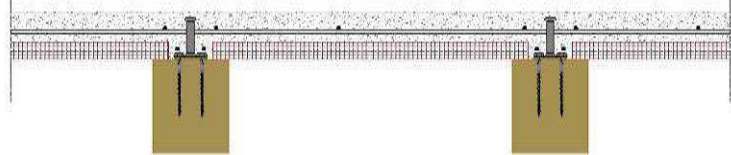
¹⁴ Si pensi ad esempio alla difficoltà di collegare una tavola rigida ad un solaio esistente già inflesso, con superficie irregolare.

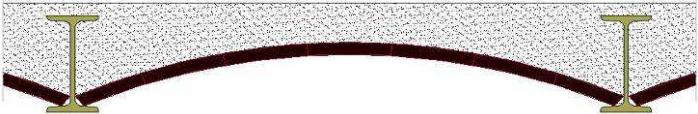
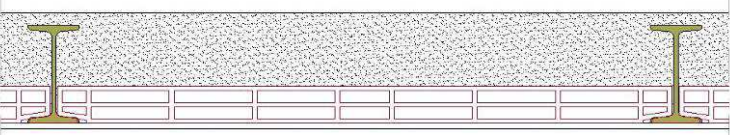
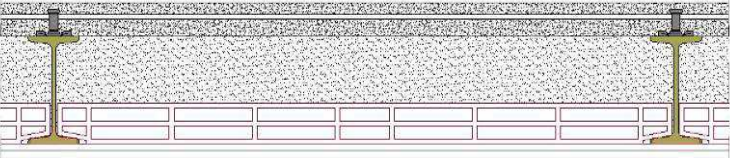
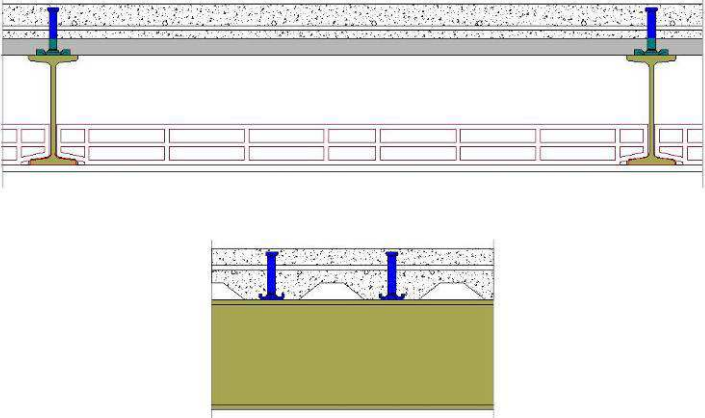
¹⁵ in letteratura sono presenti scarsi riferimenti per il dimensionamento dell'intervento e dei dettagli relativi, come ad esempio numero di chiodi e loro rigidità.

Posizionare un foro scala vicino al bordo interrompe la continuità del puntone compresso o del tirante. Il diaframma risulta indebolito. POSIZIONE DA EVITARE SE POSSIBILE. 	
Il foro in questa posizione non interrompe il puntone compresso del diaframma. POSIZIONE PREFERIBILE. 	
Un foro scala in questa posizione non permette un buon collegamento al setto murario e neppure un buon funzionamento a diaframma. POSIZIONE DA EVITARE SE POSSIBILE. 	
Il foro non interrompe né il puntone, né il tirante, né limita il collegamento con le pareti. POSIZIONE OTTIMALE 	

Esempi di solai non rigidi e possibile intervento di irrigidimento

Solaio in laterocemento "rasato". La tipologia di solai senza cappa è tipica degli anni 50, ricorrente nei solai di sottotetto. Si noti l'assenza di elementi efficaci di collegamento tra i travetti.	Solaio non rigido.
	
Intervento di irrigidimento con soletta armata connessa. La messa in opera di una soletta sottile, armata con rete elettrosaldata, collegata ai travetti con connettori, collegata alle murature con connessioni puntuali, garantisce comportamento rigido del solaio e scatolare della struttura nel suo insieme.	Solaio rigido.
	
Solaio in laterocemento con cappa, di spessore insufficiente e senza rete. Questo tipo di solaio è del tutto equivalente a quello precedente in quanto l'elemento di collegamento tra i travetti non è efficace essendo senza armatura intera e a basso spessore.	Solaio non rigido.
	
Intervento di irrigidimento con soletta armata connessa. La messa in opera di una soletta sottile, armata con rete elettrosaldata, collegata ai travetti con connettori, collegata alle murature con connessioni puntuali, garantisce comportamento rigido del solaio e scatolare della struttura nel suo insieme.	Solaio rigido.
	

Solaio in legno con tavolato come piano di calpestio. Tipologia di solaio molto frequente in Italia. Presenta superficialmente strati di massetti in sabbia e cemento non strutturali e pertanto non idonei a costituire un efficace diaframma.	Solaio non rigido.
	
Intervento di irrigidimento con soletta armata connessa. La messa in opera di una soletta sottile, armata con rete elettrosaldata, collegata ai travetti con connettori, collegata alle murature con connessioni puntuali, garantisce comportamento rigido del solaio e scatolare della struttura nel suo insieme. La rimozione dei massetti di allettamento e la sostituzione con soletta in calcestruzzo preferibilmente alleggerito non varia di molto il peso totale delle strutture.	Solaio rigido.
	
Solaio in legno con pannello (scempiato). Questo tipo di solaio è equivalente a quello precedente in quanto senza continuità trasversale. Il sottile strato di malta legante non è sufficiente a garantire la rigidezza.	Solaio non rigido.
	
Intervento di irrigidimento con soletta armata connessa. Solaio rigido. La messa in opera di una soletta sottile, armata con rete elettrosaldata, collegata ai travetti con connettori, collegata alle murature con connessioni puntuali, garantisce comportamento rigido del solaio e scatolare della struttura nel suo insieme. La rimozione dei massetti di allettamento e la sostituzione con soletta in calcestruzzo preferibilmente alleggerito non varia di molto il peso totale delle strutture.	Solaio rigido.
	

Solaio in acciaio e voltine Questo tipo di solaio non è rigido in quanto senza collegamento trasversale continuo.	Solaio non rigido
	
Intervento di irrigidimento con soletta armata connessa. La messa in opera di una soletta sottile, armata con rete elettrosaldata, collegata ai travetti con connettori, collegata alle murature con connessioni puntuali, garantisce comportamento rigido del solaio e scatolare della struttura nel suo insieme. La rimozione dei massetti di allettamento e la sostituzione con soletta in calcestruzzo preferibilmente alleggerito non varia di molto il peso totale delle strutture.	Solaio rigido
	
Solaio in acciaio e tavelloni. Questo tipo di solaio non è rigido in quanto senza collegamento trasversale continuo.	Solaio non rigido
	
Intervento di irrigidimento con soletta armata connessa. Solaio rigido. La messa in opera di una soletta sottile, armata con rete elettrosaldata, collegata ai travetti con connettori, collegata alle murature con connessioni puntuali, garantisce comportamento rigido del solaio e scatolare della struttura nel suo insieme. La rimozione dei massetti di allettamento e la sostituzione con soletta in calcestruzzo preferibilmente alleggerito non varia di molto il peso totale delle strutture.	Solaio rigido
	
Intervento di irrigidimento con soletta armata connessa gettata su lamiera grecata. Nei casi in cui il tavellone o le voltine non siano affidabili neppure come cassero provvisorio si può sovrapporre una lamiera grecata che fungerà da cassero. Sono utilizzabili anche lamiere grecate non collaboranti (lisce), in tal modo si possono utilizzare lamiere di bassa altezza.	Solaio rigido
	

2. CONTINUITA' STRUTTURALE

Nella parte precedente sono stati descritti gli accorgimenti progettuali necessari per avere un solaio rigido.

L'altro requisito dei solai evidenziato dalla norma italiana è quello relativo al collegamento:

“I solai devono assolvere funzione di ripartizione delle azioni orizzontali tra le pareti strutturali, pertanto devono essere ben collegati ai muri e garantire un adeguato funzionamento a diaframma.”

Nelle strutture nuove il collegamento viene di solito realizzato agevolmente attraverso la continuità tra la soletta in calcestruzzo e cordolo perimetrale.

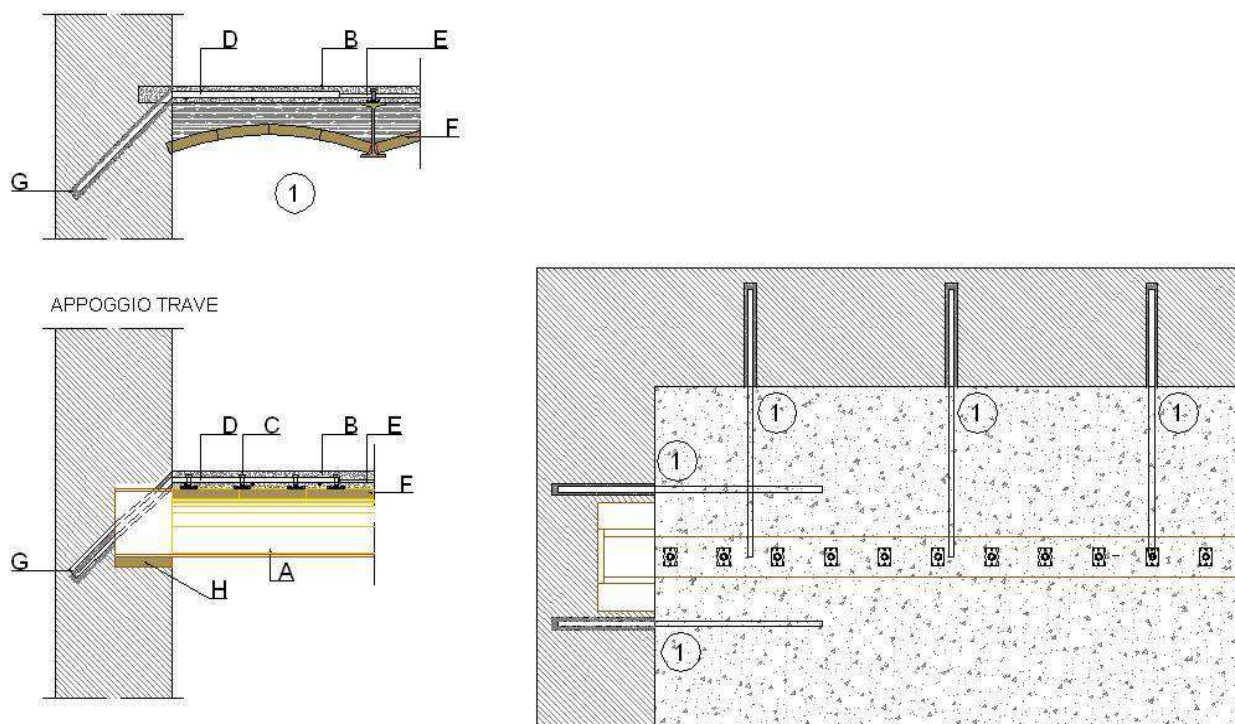
Nei rinforzi di fabbricati esistenti invece garantire efficacemente questa continuità strutturale è l'altro aspetto fondamentale dell'intervento di recupero.

Il dimensionamento del collegamento parte dalla conoscenza della forza sismica di piano trasmessa tra la soletta e la parete verticale sollecitata dal sisma. Tale forza va aumentata del 30% (punto 4.11.1.5 diaframmi orizzontali) per rispettare la gerarchia delle resistenze tra struttura portante verticale e il solaio caricato nel piano orizzontale.

La realizzazione e il funzionamento dei collegamenti risulta chiaro esaminando le varie tecniche di realizzazione.

Tipici interventi di collegamento perimetrali

Collegamento muratura soletta tramite barra fissata con resina epossidica



Elementi:

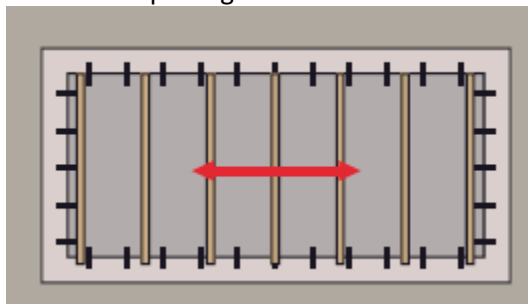
- A: profilo in acciaio
- B: soletta in calcestruzzo
- C: connettore Tecnaria
- D: Barra in acciaio ad adherenza migliorata tipo B450C Ø16 Lunghezza = 120 cm piegata a 45° inserita per 40 cm in apposito preforo (Ø20 mm) preparato a 45° nella muratura; elemento di unione chimica tra muratura e barra resina epossidica pura a due componenti.
- 1 collegamento ogni 60 cm di muratura, su tutto il perimetro del solaio.
- E: rete elettrosaldata (d6 15x15)
- F: voltine, tavelloni o cassero in altri materiali

Uno spezzone di barra di acciaio ad aderenza migliorata può realizzare efficacemente questo collegamento¹⁶.

Nella soletta tale barra deve essere posata per una lunghezza di ancoraggio sufficiente a permettere la trasmissione delle forze; nella muratura deve penetrare in misura maggiore possibile ed essere resa solida-
le con prodotti ad alte prestazioni (ad esempio resine epossidiche bicomponenti).

La barra viene di solito inserita in un foro preparato inclinato verso il basso. In questo modo si ottiene una maggiore lunghezza di ancoraggio rispetto al caso di foro orizzontale e maggiore facilità nel realizzare l'intervento.

La soletta connessa fa da piano rigido, le barre trasmettono le sollecitazioni orizzontali trasversalmente alla muratura per taglio.



L'ancoraggio delle barre permette anche di trattenere le murature nel caso di forti deformazioni.

L'intervento è poco invasivo perché non va a ledere la struttura della muratura.

La soluzione è abbinabile a cordolo interno in acciaio o calcestruzzo.

E' preferibile realizzare collegamenti puntiformi il più possibile diffusi.

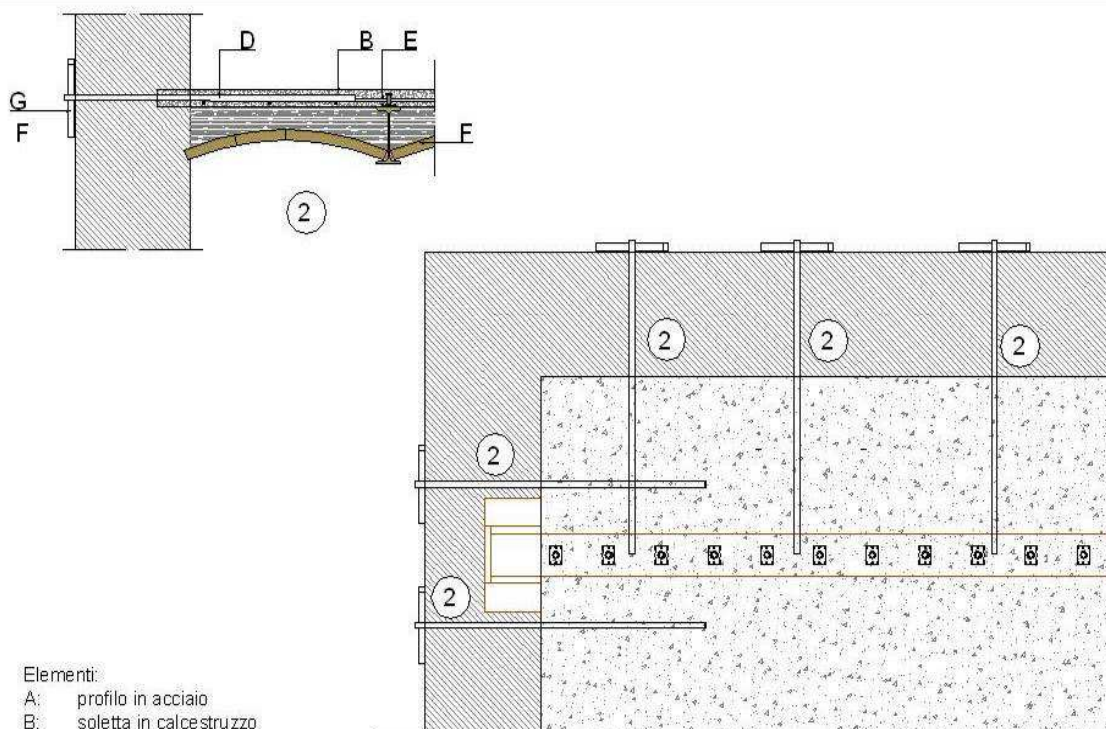
Il collegamento va fatto su tutti i lati perimetrali, ove c'è muratura strutturale.

A nostro modo di vedere questa è la soluzione generalmente più valida.



¹⁶ Questo si configura come un collegamento a trazione e taglio, che lavora quindi in due direzioni.

Collegamento muratura soletta tramite barra trattenuta da elemento di contrasto esterno



Elementi:

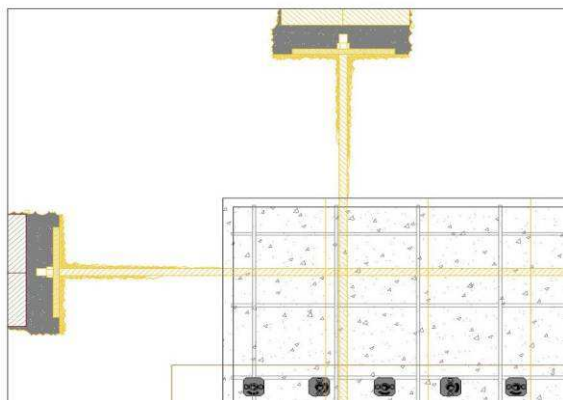
- A: profilo in acciaio
- B: soletta in calcestruzzo
- C: connettore Tecnaria
- D: Barra $\varnothing 20$ Lunghezza = 100 cm passante sulla muratura e bloccata tramite piatto o capo chiave metallico, adeguatamente ancorata nella soletta o saldata alla rete.
- E: rete elettrosaldata ($\varnothing 8$ 15x15)
- F: voltine, tavelloni o cassero in altri materiali
- G: malta cementizia fluida espansiva, oppure resina
- H: elemento di contrasto in acciaio: piastra o capochiave.

Questo sistema è del tutto simile al precedente e funziona allo stesso modo.

Il collegamento però non avviene per aderenza laterale della barra sulla muratura, ma per contrasto con un apposito elemento metallico posto esternamente alla muratura.

Dato che collega l'intero spessore della muratura offre garanzie anche superiori a quelle del sistema precedente, ma ha un impatto estetico superiore.

Valido, in modo particolare per le murature a più paramenti, per murature a sacco, in pietra e in tutti i casi in cui l'ancoraggio chimico non è possibile.



Questo collegamento con elemento di contrasto metallico può anche essere a scomparsa

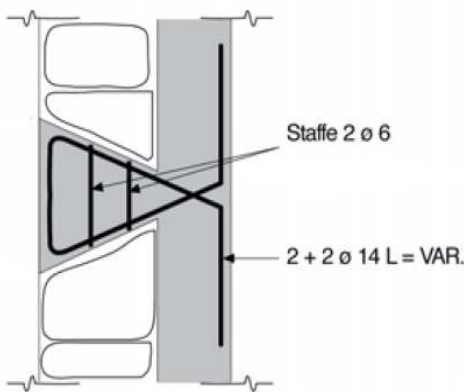
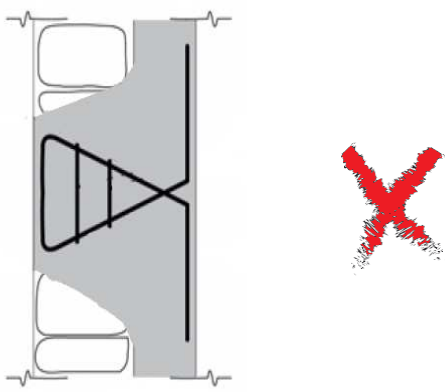


Collegamento muratura soletta con barra piegata avente forma di coda di rondine

Questo collegamento è realizzato tramite demolizione parziale della muratura e posizionamento di barra piegata nel foro della muratura.

Intervento a nostro parere sconsigliabile in quanto rappresenta un caso tipico di collegamento a solo taglio¹⁷. Infatti in caso di sisma in direzione parallela al muro la protrusione della soletta nella muratura si opporrà al sisma, invece in caso di forza trasversale il muro sarà libero di distaccarsi.

Inoltre l'intervento risulta piuttosto invasivo e il muro danneggiato localmente.

	
Anche se di solito sono richiesti interventi fatti in questo modo..	...la realizzazione è differente e assomiglia più a questo.

¹⁷ I tipi di collegamento si possono suddividere in due categorie, in base al tipo di resistenza che possono esplicare:

1) Collegamento a solo taglio. Permette alle forze sismiche di essere trasmesse alla strutture verticali.

2) Collegamento a trazione e a taglio. Permette alle forze sismiche di essere trasmesse alla strutture verticali e permette che le pareti siano trattenute dal solaio, quindi vincolate.

E' evidente che è consigliabile realizzare collegamenti del secondo tipo, in quanto non solo trasmettono le forze sismiche, ma anche impediscono ribaltamenti di pareti.

Collegamento tra pareti tramite tirante.

Questo collegamento è il modo tipico di intervenire per trattenere le pareti murarie usato nel passato.

Unisce le pareti opposte esercitando una forza verso l'interno del fabbricato collegando pareti contrapposte a mezzo di tiranti metallici continui fissati esternamente al fabbricato tramite capo chiave (paletto) o piastra esterna.

Permette l'irrobustimento degli angoli tra le pareti, dato che di solito è applicato vicino agli angoli. Può favorire il comportamento di insieme del fabbricato in quanto conferisce un elevato grado di connessione tra le murature ortogonali e fornisce un efficace vincolo contro il ribaltamento fuori del piano dei pannelli murari.

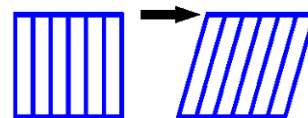
Inoltre migliora il comportamento nel piano di pareti forate, in quanto consente la formazione del meccanismo puntone-tirante nelle fasce murarie sopra porta e sotto finestra.

Essendo poco invasivo, può essere la scelta consigliata in molti casi.

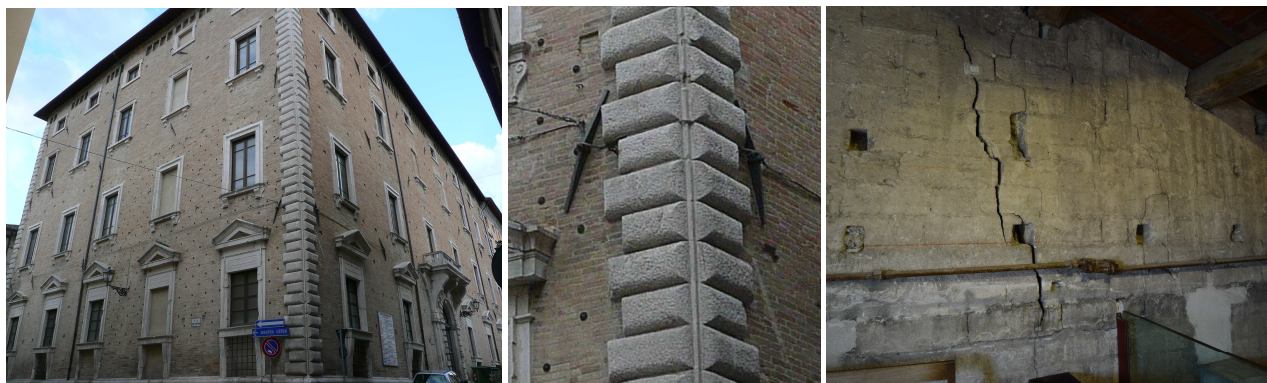
Per un funzionamento corretto dovrebbe essere applicato in maniera abbastanza diffusa sulla facciata, avendo cura di effettuare il collegamento a tutti i piani e ancorando i tiranti correttamente.

Per capochiave (elemento di contrasto fuori dal muro) sono generalmente consigliati paletti semplici, mentre piatti metallici sono preferibili nel caso di murature scadenti e/o realizzate con elementi di piccole dimensioni.

Questo sistema non crea piano rigido, se non abbinato a diagonali e ad elementi che possano lavorare a compressione.



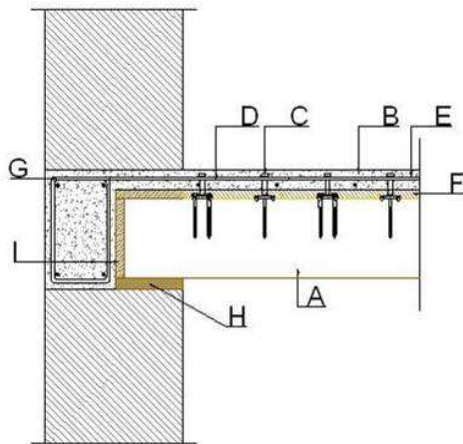
In questo sistema non c'è alcun incremento di resistenza o rigidezza del solaio per le azioni verticali (azioni statiche ordinarie), quindi non permette di aumentare i carichi o di limitare la deformabilità del solaio.



Esempio di paletti esterni e dettaglio di giunto interno di un tirante.

Collegamento muratura soletta tramite cordolo in cemento armato: strutture nuove

CORDOLO IN SPESSORE



Elementi:

- A: trave in legno
- B: soletta in calcestruzzo
- C: connettore Tecnaria
- A: staffa del cordolo con un braccio prolungato nella soletta;
1 staffa d8 ogni 20 cm di muratura, su tutto il perimetro del solaio
- E: rete elettrosaldata
- F: tavolato o cassero in altri materiali (protetto da telo impermeabile)
- G: cordolo di cls continuo passante a livello della trave.
- H: eventuale piastra di appoggio in quercia o acciaio
- I: strati protettivi in isolante o sughero sui tre lati laterali e su quello superiore della trave in legno

Collegamento completo. Soluzione tipica per solai nuovi .

Il cordolo a volte viene realizzato sotto la trave o viene realizzato un cordolo interrotto dai travetti.

In caso di solai esistenti è da evitare perché troppo invasivo (se non per l'ultimo piano).

In tale ultimo caso è invece consigliabile posizionare il cordolo affiancato internamente alla muratura.



Il cordolo perimetrale – cerchiatura esterna: strutture esistenti

Le strutture nuove costruite con criteri antisismici devono avere un cordolo perimetrale; negli interventi di rinforzo di edifici esistenti, il cordolo perimetrale è un elemento non sempre necessario e, qualora si renda necessario, richiede particolari attenzioni progettuali ed esecutive.

Le funzioni del cordolo sono due: legare le pareti tra loro e legare le pareti al solaio.

Se si interviene su un solaio di interpiano di un fabbricato esistente con il sistema della soletta in calcestruzzo collaborante con continuità strutturale, **le principali funzioni del cordolo sono svolte dal solaio stesso**, motivo per cui non è strettamente necessario realizzarlo. Tenendo presente poi che il fatto di creare un cordolo dentro una muratura esistente danneggia la muratura e crea danni e assestamenti ai piani superiori, si giunge alla conclusione che i vantaggi ottenibili sono inferiori ai problemi creati.

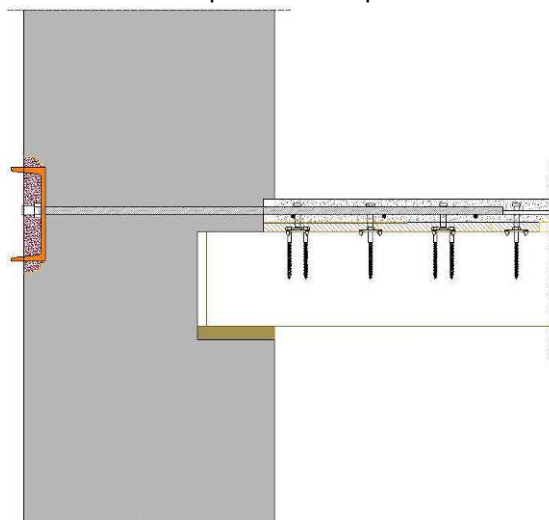
Infine un cordolo troppo armato e di sezione grande potrà lavorare a trave e quindi scaricare localmente il muro sotto di sé dal peso del solaio, creando così delle zone non stabilizzate dal carico.

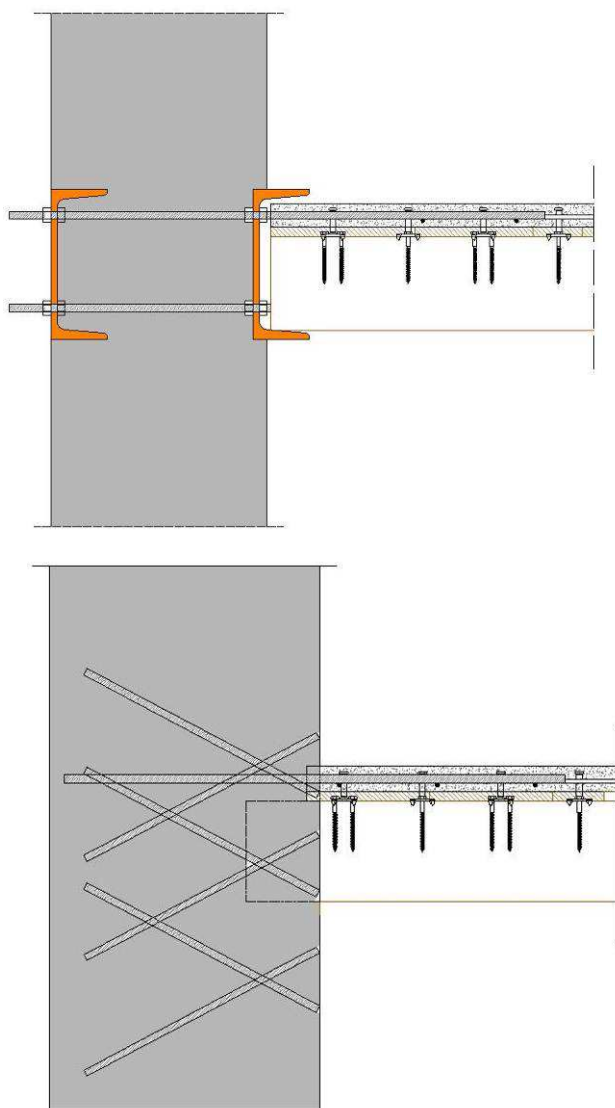
Solo nel caso di solai con aperture in posizione non ottimale (vedasi parte precedente sulle aperture) oppure di pareti con grandi aperture sotto il solaio, la soletta potrebbe risultare non sufficientemente rigida o collegata ed allora sarà preferibile creare un cordolo, preferibilmente fuori dalla muratura.

All'ultimo piano è invece sempre consigliabile creare il cordolo perché le pareti non sono stabilizzate dal peso di piani superiori e creare un legame è sicuramente utile. Anche qui in ogni caso, se si realizza un solaio con cappa collaborante in calcestruzzo, la parete ha già un elemento rigido cui "aggrapparsi" in caso di spinte laterali.

Non è sempre necessario che il cordolo sia in calcestruzzo armato, può anche essere costituito da travi in acciaio. Tale soluzione prevede il posizionamento di un profilo esterno alla muratura collegato tramite barre inghisate con resine alla muratura e al solaio.

Ecco alcuni esempi di cordolo poco invasivi:





Altra possibilità è quella di creare un cordolo nella muratura tramite rinforzo locale della muratura stessa con barre di acciaio bloccate con iniezione di resina. In questo modo si crea una zona di muratura di maggiore rigidità. Questo intervento è da valutare con attenzione, in quanto ha un elevato grado di invasività e una scarsa efficacia nei casi di muratura a più paramenti scollegati (muro a sacco).

Quindi in generale va sempre valutata la necessità di creare un cordolo; in particolare se si crea una soletta collaborante probabilmente lo si potrà evitare. Al contrario in caso in cui non si voglia intervenire con cappa collaborante su solai a travi singole, non legate tra loro, il cordolo risulta particolarmente necessario in quanto diventa un importante elemento di rigidità e collegamento tra le pareti.

IL FATTORE PESO E L'AUMENTO DI RIGIDEZZA

Durante un sisma le masse del fabbricato oscillano, quindi più un fabbricato è pesante maggiore sarà la forza sismica che spinge sulle pareti ad ogni piano.

Per questo semplice motivo è bene contenere il più possibile le masse presenti nell'edificio.

Questo non vuol dire che sia conveniente ridurre la struttura portante o rinunciare ad elementi strutturali. Sarà invece appropriato che siano gli elementi di finitura ad essere leggeri.

Incremento di peso di un solaio esistente dovuto alla soletta collaborante: un problema limitabile



Per quel che riguarda i solai, nella loro parte strutturale, l'incremento di peso dovuto all'intervento di irrigidimento con soletta in calcestruzzo collaborante di 5 cm di spessore sarà di 125 kg/m^2 .

Utilizzando calcestruzzi strutturali di tipo alleggerito tale peso può essere ridotto a 70 kg/m^2 .

Ma questo carico è solo una frazione dei carichi totali.

Ponendo particolare attenzione a ridurre i carichi portati relativi alle finiture

e ai riempimenti, il carico totale di un solaio rinforzato potrà addirittura essere minore di quello originario.

Un esempio. Molto spesso negli edifici da ristrutturare sono presenti pesanti sottofondi in sabbia e cemento (che si possono sostituire con riempimenti leggeri), muri divisorii in tavelloni (che potrebbero essere in cartongesso) e pavimenti in piastrelle (sostituibili con parquet).

Nel mercato si reperiscono soluzioni leggere per tutte le esigenze (riscaldamento a pavimento, sottofondi, pavimenti, tramezzi), quindi è bene fare attenzione non solo al peso degli elementi strutturali ma anche a quello delle finiture.

Esempio

Carichi rimossi	Peso kg/m^2
Sottofondo sabbia e cemento	140
Piastrelle ceramiche e colla	50
Muri divisorii in tramezzi forati	140
TOTALE	330
Carichi aggiunti	Peso kg/m^2
Sottofondo alleggerito	90
Parquet e colla	15
Muri divisorii in cartongesso	60
Soletta in calcestruzzo alleggerito	80
TOTALE	245

Un solaio leggero ad alte prestazioni: il solaio legno e calcestruzzo.

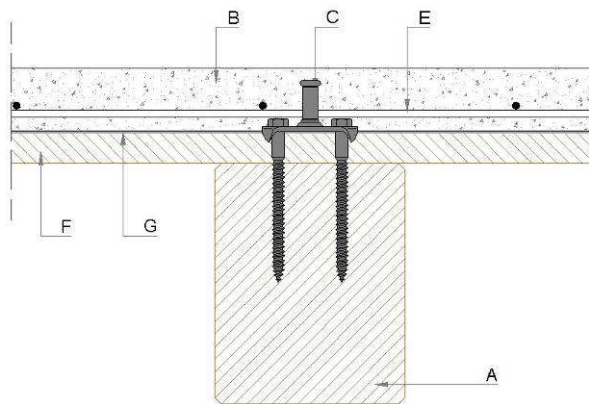
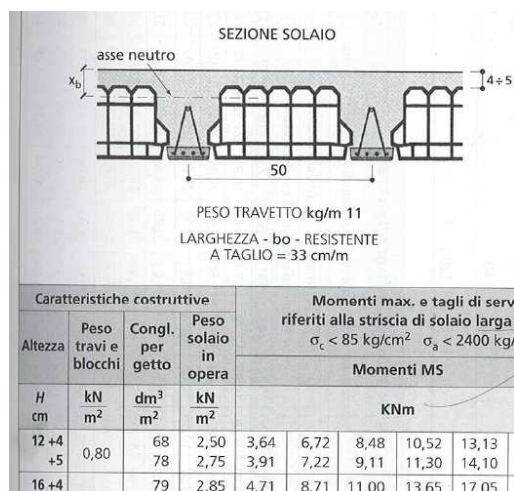
Nell'ottica della scelta del tipo di solaio nuovo da inserire in un fabbricato esistente o in generale in una nuova costruzione è utile riassumere le necessità di tipo statico e sismico.

Sarà necessario che il solaio sia rigido e ad alta capacità portante, che sia ben collegato ai muri e che sia leggero. I solai tradizionali in laterocemento rispondono bene alla prime esigenze, ma non a quella di essere leggeri, quindi non si adattano bene all'utilizzo in zona sismica o all'inserimento in fabbricati esistenti.

I solai in struttura mista con travetti in legno (o in acciaio) uniti ad una soletta di calcestruzzo alleggerito possono pesare circa un terzo dell'alternativa tradizionale e avere la stessa capacità portante.

Ad esempio un solaio in laterocemento da 16+4 cm, adatto a vani di 5 m di luce, pesa 285 kg/m².

Un solaio con travi in legno e calcestruzzo alleggerito, dimensionato per gli stessi carichi, pesa 103 Kg/m², 2.8 volte di meno.



A) Solaio tradizionale Laterocementizio 16+4 cm

=> 2.85 kN/m²

**B) Travetto in legno 12x20 interasse 60 cm +
+ tavolato 2 cm +**

+ soletta collaborante 5 cm in Leca CLS 1400

=> 1.03 kN/m²

Rapporto di peso tra i due solai = $2.85 / 1.03 = 2.77$.

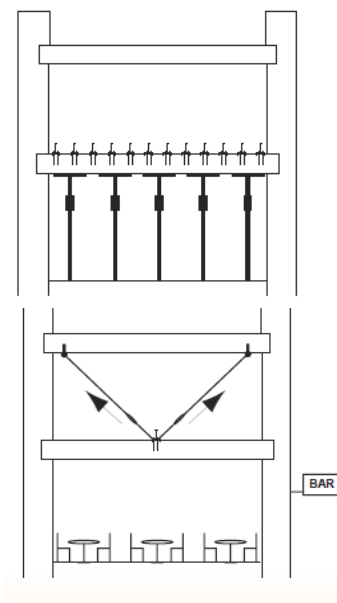
L'INTERVENTO

Il metodo della soletta in calcestruzzo collaborante costituisce un valido sistema che risponde alle esigenze sismiche e statiche, sia per gli interventi di rinforzo di solai esistenti che per la creazione di nuovi solai con travi e soletta in calcestruzzo collaborante.

Si noti che in un intervento di rinforzo antisismico irrigidire un solaio comporta una modifica nel comportamento del fabbricato, di solito un miglioramento. In generale si dovrà verificare anche l'adeguatezza delle murature a cui ci si collega, la loro resistenza, la tenuta delle fondazioni e del terreno, in generale la tenuta di tutte le strutture resistenti.

Le fasi di realizzazione¹⁸ sono in genere le seguenti:

- 1) **Puntellazione.** I puntelli vanno messi in spinta fino a sostenere i travetti. Questa fase è sempre di grande utilità per il sistema misto. Se non eseguita una parte significativa della possibilità di incrementare i carichi viene persa. Nei casi in cui non sia possibile per necessità di operare solo da sopra si potrà procedere tirantando il solaio appendendolo con delle funi al solaio superiore o ad un telaio realizzato ad hoc.
- 2) **Asportazione** di elementi non strutturali portati dal solaio (alleggerimento).
- 3) **Posa di eventuale telo** impermeabile protettivo della struttura esistente¹⁹.
- 4) **Installazione di connettori.**
- 5) **Installazione di collegamenti perimetrali.**
- 6) **Disposizione di rete elettrosaldata.** La rete deve intersecare in sezione i connettori.
- 7) **Getto di soletta in calcestruzzo.** Preferibili impasti con inerti fini e con adeguata classe di consistenza (slump S5). Fortemente preferibile l'utilizzo di calcestruzzo con inerti leggeri.
- 8) **Attesa** fino ad avvenuta maturazione del calcestruzzo.
- 9) **Rimozione dei puntelli.**
- 10) **Proseguimento** dei lavori, posa dei sottofondi, pavimenti, muri divisorii etc.²⁰



¹⁸ Il tipo di intervento presentato non deve essere inteso come intervento da eseguire comunque e dovunque, è solo una delle possibili soluzioni da adottare nei casi in cui siano dimostrati le carenze dello stato attuale del fabbricato e i benefici prodotti dall'intervento.

Le sole indicazioni che il progettista è tenuto ad osservare sono quelle date nella norma tecnica italiana, DM8/1/2008.

¹⁹ Nel solo caso di solai con assito soprastante il legno. Tale telo ha lo scopo di impedire che il calcestruzzo perda parte della sua acqua di idratazione che potrebbe essere assorbita dalle strutture sottostanti. In genere si preferisce un telo che sia anche traspirante nella direzione dal basso in alto, in modo che l'eventuale vapore che si può creare al piano sotto non condensi sotto il telo.

²⁰ In questo modo la deformazione del solaio che avviene per il peso proprio del solaio e per il peso della soletta non ha ripercussioni sulle finiture. Infatti sottofondi, pavimenti e muri divisorii vengono creati dopo la rimozione dei puntelli, quando questa deformata dovuta ai pesi propri è già avvenuta. E' importante che questa deformata non avvenga a finiture già realizzate, in tal caso le finiture stesse potrebbero subire delle fessurazioni.

I SISTEMI DI CONNESSIONE TECNARIA PER IL RINFORZO DI SOLAI

Tecnaria S.p.A. è un'azienda altamente specializzata nell'ideazione e produzione di connettori metallici per la realizzazione di solai misti, piani o inclinati, con travi in **legno**, in **acciaio** e in **laterocemento**.

I connettori sono utilizzati non solo per l'adeguamento sismico nel senso descritto nei paragrafi precedenti, ma soprattutto per realizzare solai collaboranti, ovvero solai con travi in legno, acciaio o calcestruzzo con soprastante soletta in calcestruzzo armato, che permettono un incremento di rigidità e aumento di resistenza, con conseguente maggiore capacità portante.²¹

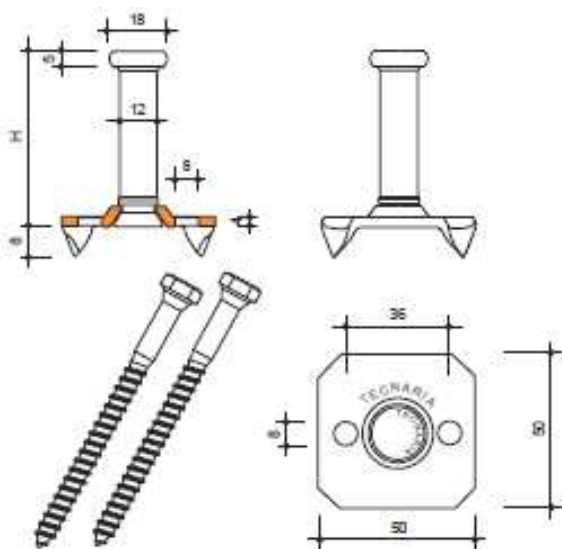
Le soluzioni proposte garantiscono affidabilità grazie alle certificazioni ottenute, al supporto di calcolo, all'assistenza tecnica ed alla facilità di posa in opera.

Il sito internet www.tecnaria.com riporta le informazioni tecniche, i programmi di calcolo, i disegni con dettagli tecnici (compresi quelli riportati nel presente documento), le prove effettuate da Tecnaria sui connettori, le voci di capitolato, le procedure, i filmati di posa e schede con soluzioni ai tipici problemi di cantiere.

Solai in legno: connettori CTL BASE e CTL MAXI Tecnaria

L'efficacia del connettore è assicurata dalla piastra di base, che funge da supporto del piolo. Essa è modellata come un rampone, in questo modo consente una elevata aderenza al legno e assorbe al meglio gli sforzi di taglio: numerose prove di laboratorio hanno evidenziato efficacia di questo accorgimento.

Il fissaggio è completamente meccanico, non sono necessarie resine od additivi chimici; questo rende il processo di connessione veloce, economico, pulito e reversibile.



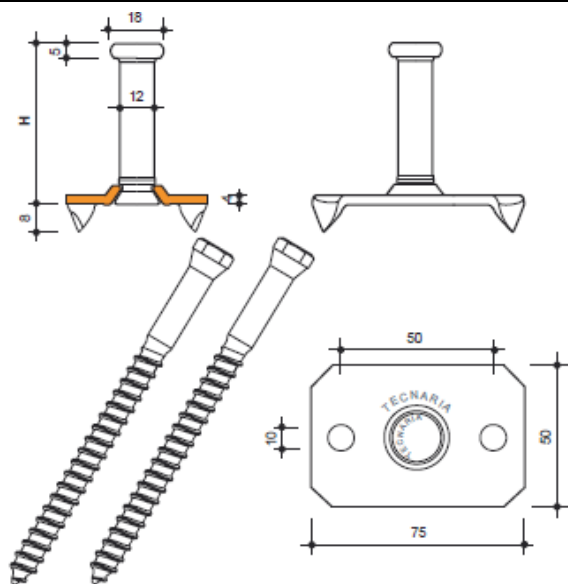
CTL BASE

Connettore a piolo composto da una piastra di base 50 X50 X4mm, modellata a ramponi, avente due fori atti al passaggio di due viti tirafondi Ø8 mm, con sottotesta tronco-conico, gambo in acciaio zincato Ø 12 mm, unito alla piastra tramite ricalco a freddo.

Altezze gambo disponibili: 30, 40, 60, 70,80, 105, 125, 150, 175 e 200 mm.

Lunghezza viti disponibili: 70, 100 e 120 mm

²¹ Per approfondimenti su questi aspetti e dettagli costruttivi vedi www.tecnaria.com.

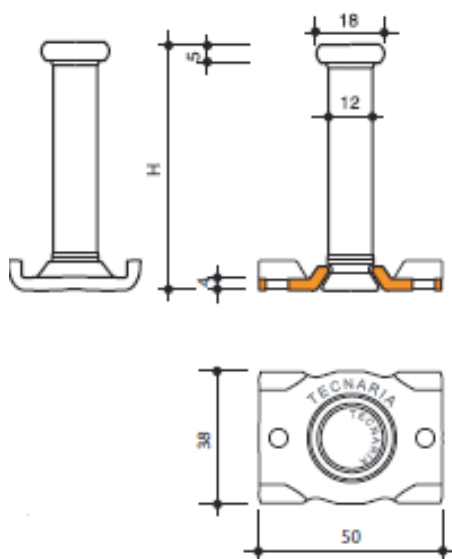
**CTL MAXI**

Connettore a piolo composto da una piastra di base 75 X 50 X 4mm, modellata a ramponi, avente due fori atti al passaggio di due viti tirafondi Ø10 mm, con sottotesta tronco-conico, gambo in acciaio zincato Ø 12 mm, unito alla piastra tramite ricalco a freddo.

Altezze gambo disponibili: 30, 40, 60, 70, 80, 105, 125, 150, 175 e 200 mm.

Lunghezza viti disponibili: 100, 120 e 140 mm

Solai in acciaio: connettori CTF e DIAPASON Tecnaria

**CTF**

Il connettore CTF consiste di:

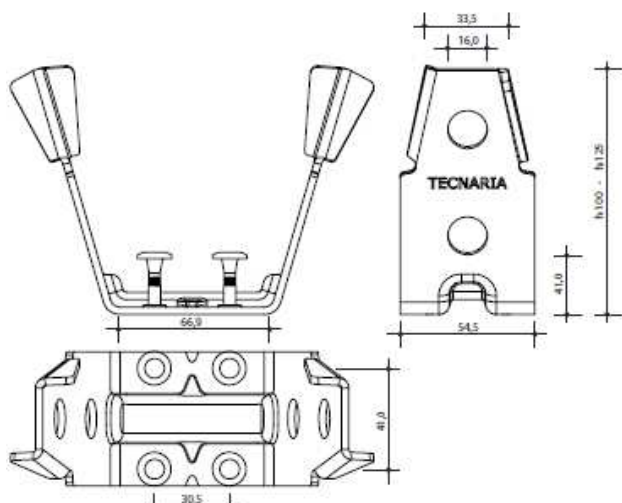
A) Un gambo con testa ottenuta a freddo da una barra di acciaio di diametro nominale 12 mm

B) una piastra di base rettangolare 38x50 mm di spessore 4 mm ottenuta tramite stampaggio. Il connettore a piolo e la piastra di base sono uniti tramite ricalco a freddo.

C) Due chiodi ad altissima resistenza che si fissano attraverso i due fori della piastra a mezzo di una chiodatrice a sparo.

Chiodi lunghezza 22,5 mm, diametro gambo 4,6 mm. Tutte le parti del connettore sono zincate elettroliticamente con una protezione media di 8 µm che corrisponde ad una resistenza alla corrosione di 2 cicli "Kesternich".

Ideale per il rinforzo di solai esistenti e per i nuovi solai con lamiera grecata trasversale.



DIAPASON

Il connettore a DIAPASON TECNARIA consiste di un piatto in lamiera zincata di 3 mm di spessore avente una piastra di base nervata rettangolare da 70x55 mm, piegata a forma di "U" con due ali inclinate. Nella parte inclinata sono predisposti due fori per l'alloggiamento di due barre in acciaio trasversali. Quattro chiodi ad alta resistenza passano attraverso i fori predisposti nella piastra e fissano il connettore alla struttura metallica a mezzo di una chiodatrice a sparo.

Le altezze disponibili sono di 100 e 125 mm.

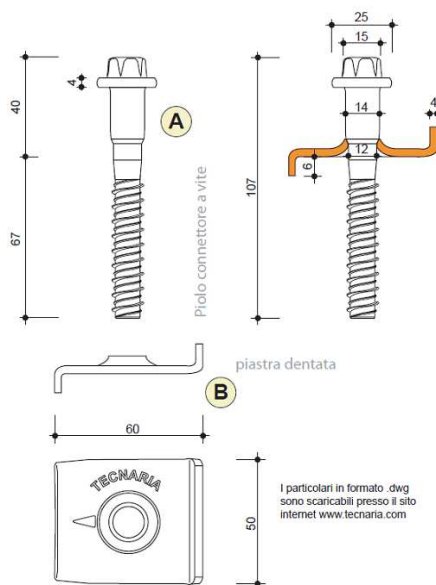
Ideale per i nuovi solai con lamiera grecata trasversale.

Solai in laterocemento: Connettore CTCM Tecnaria

Molti solai con travetti in calcestruzzo armato sono privi di una soletta rigida e armata di ripartizione dei carichi tra i travetti e di collegamento tra le murature.

Per realizzare una efficace connessione anche ai fini sismici è opportuno collegare tutti gli elementi, ovvero travetti, murature e nuova soletta di calcestruzzo preferibilmente alleggerito.

I connettori Tecnaria costituiscono un efficace sistema di connessione tra nuova soletta e travetti esistenti.



CTCEM

Il piolo connettore a vite e piastra dentata TECNARIA per riprese di getto in calcestruzzo consiste di:

A) Un gambo in acciaio temprato 10.9, $\varnothing$ 14 mm, testa esagonale 15 mm e finta rondella, corpo filettato di $\varnothing$ 12 mm.

B) una piastra in acciaio con base rettangolare, dentata, 60x50 mm di spessore 4 mm. Il connettore a piolo e la piastra di base in fase di infissione si uniscono grazie alla loro particolare conformazione.

Tutte le parti del connettore sono zincate elettroliticamente.

Collegamenti tra solai e murature: resine epossidiche RTEC400 Tecnaria

Ideale per il rinforzo strutturale con ferri di ripresa post installati.

La Resina RTEC400 è un formulato epossidico bi-componente ad alto valore di aderenza per fissaggi pesanti su calcestruzzo, muratura e legno. E' fornita in cartucce da 400 ml.

Caratteristiche principali:

- E' dotata di alto valore di aderenza e di basso coefficiente di ritiro. Questo permette il fissaggio su superfici completamente lisce (fori carotati) e su svariati materiali quali legno, laterizio e calcestruzzo.

- Le sue caratteristiche meccaniche rimangono invariate nel tempo.

- Può essere utilizzata anche per fissaggi su supporti bagnati.

- E' facile e veloce da applicare grazie al miscelatore che fa reagire le due componenti in fase di iniezione.

- La sua consistenza è densa (tixotropica), questo evita colature ed eccessive dispersioni di materiale nei vuoti che possono essere presenti nelle murature.

- E' corredata di marcatura CE grazie a due omologazioni ETA (Benestare Tecnico Europeo) valide per barre filettate e per barre ad aderenza migliorata inserite in calcestruzzo.

Queste proprietà rendono questa resina il prodotto ideale per l'applicazione di barre di collegamento muratura – solaio

Procedura di installazione:

- Realizzare il foro a mezzo di punta da trapano o carotatrice.

- Pulire il foro tramite ripetute spazzolate e soffiature (in alternativa pulire con getto d'acqua).

- Far uscire la prima porzione di resina ancora non miscelata (verificando così l'uniformità di colore del prodotto).

- Riempire il foro uniformemente partendo dal fondo, arretrando gradualmente. Riempire fino a 2/3 di profondità del foro.

- Inserire la barra, lentamente e con un leggero movimento rotatorio.

- Rimuovere gli eccessi di resina attorno alla barra.

- Prima di mettere in carico attendere i tempi di maturazione come da tabella sottostante.

Collegamento muratura soletta tramite barra fissata con resina epossidica

Per ottenere un efficace collegamento puntuale si può realizzare un foro inclinato verso il basso nelle murature perimetrali all'altezza della soletta, iniettare in esso la resina epossidica bicomponente.

Tecnaria Rtec400, inserire la barra ad aderenza migliorata in acciaio, piegando infine la barra in orizzontale all'interno della soletta. Il collegamento va fatto su tutti i lati perimetrali, ove c'è muratura portante.

Esempio di dimensionamento tipico:

Barre in acciaio B450C di diametro 12 – 16 mm a distanza di circa 50 -80 cm, inserite nel muro per una profondità di 30-40 cm e nella soletta per circa 60 cm.

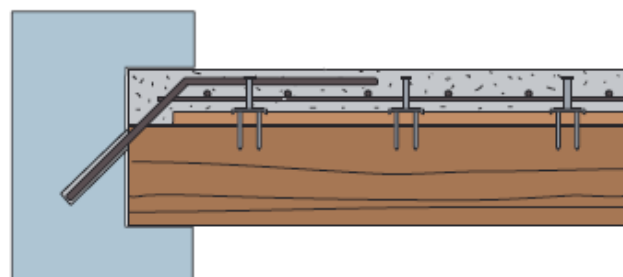
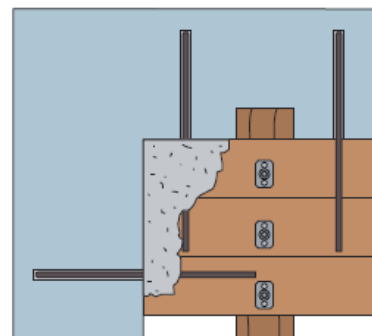
L'intervento sarà migliorativo dell'edificio a condizione che il collegamento sia tra elementi strutturali idonei.



Cartuccia di resina bi-componente da 400 ml



Installazione con pistola manuale



INTERVENTI REALIZZATI

SOLAI IN LEGNO



Figura 1 Solaio in legno rinforzato con soletta in calcestruzzo, rete elettrosaldata e connettori Tecnaria; sono presenti le barre di collegamento ancorate alla muratura.

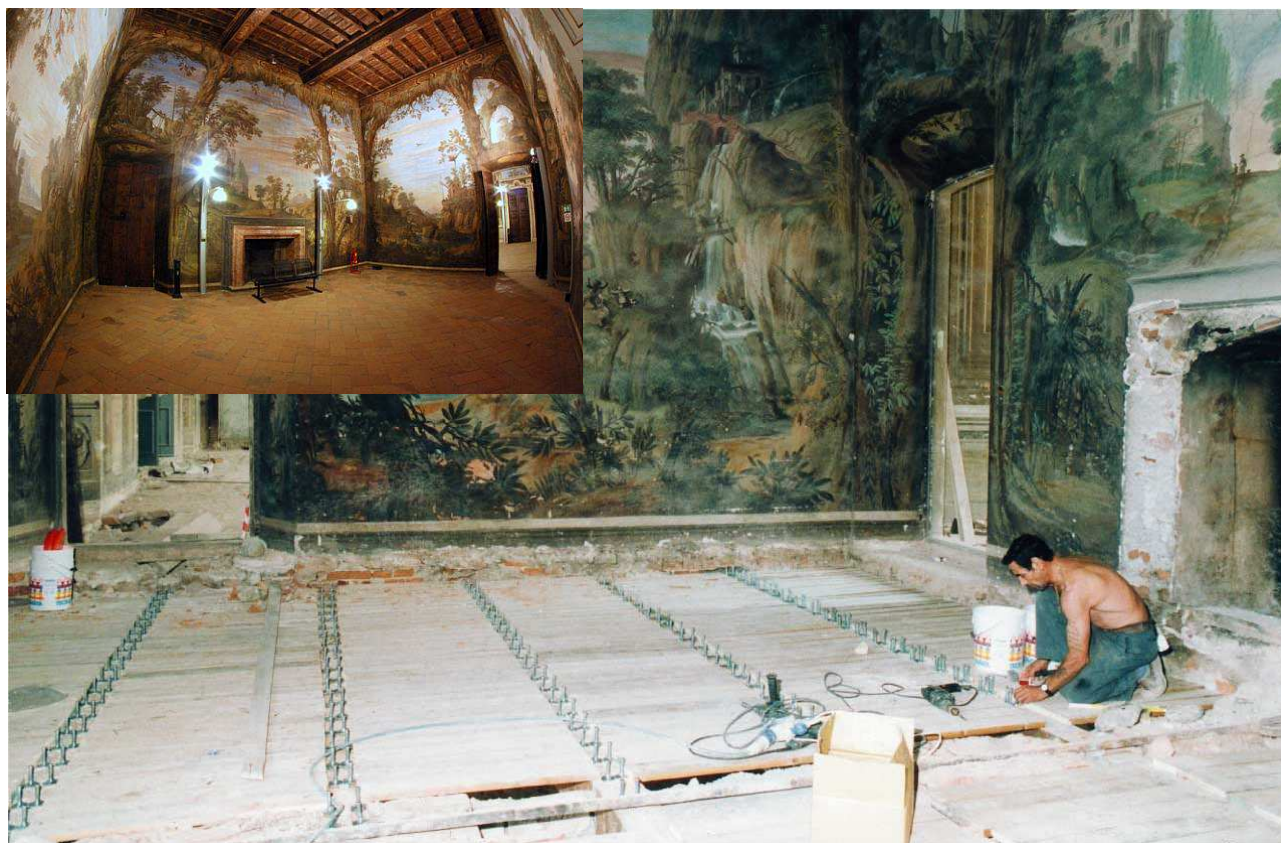


Figura 2 Solaio in legno con spessore dell'intervento molto limitato.

SOLAI IN ACCIAIO

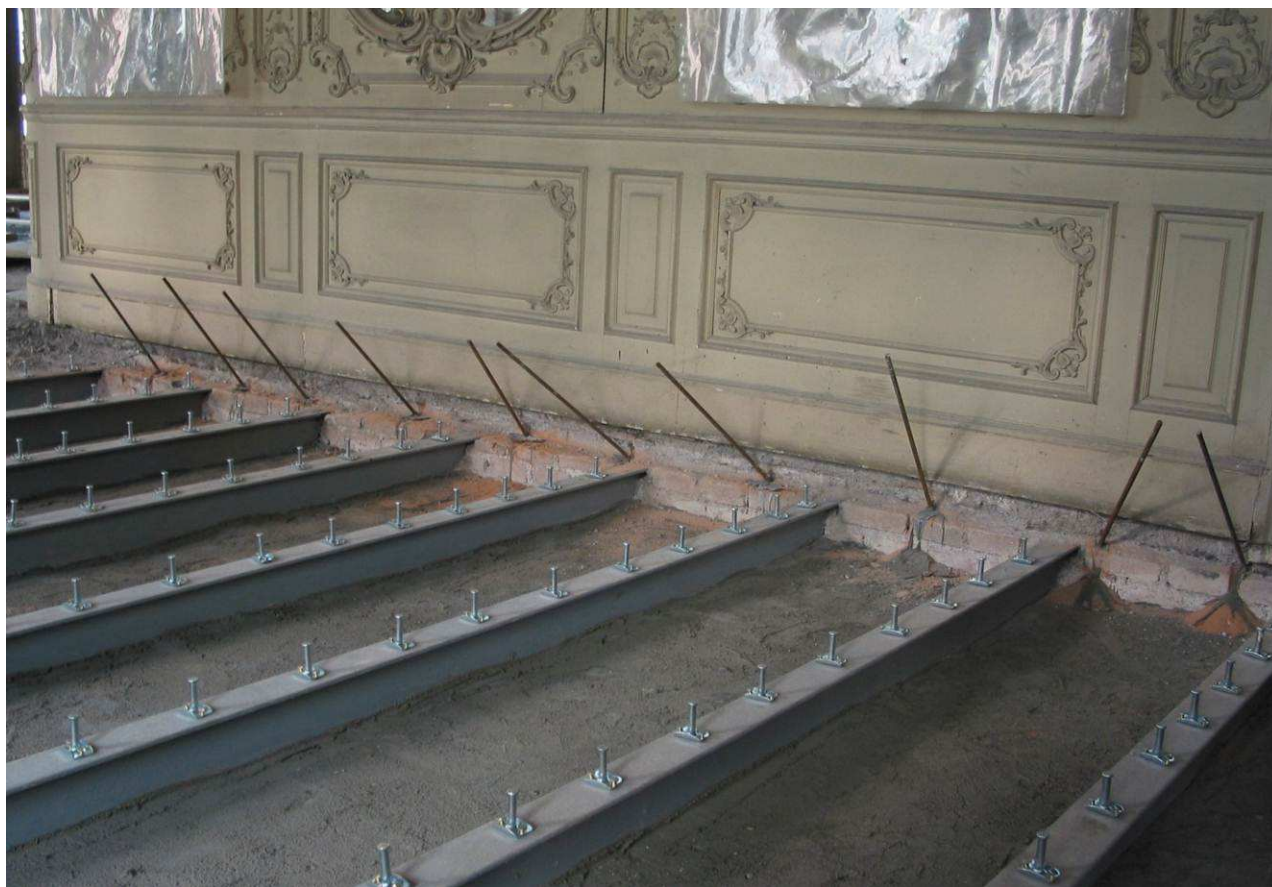


Figura 3 Solaio con travi in acciaio e interposti laterizi; sono presenti i connettori fissati alle travi e le barre di collegamento ancorate alle murature; successivamente seguirà livellamento con materiale di riempimento leggero, posa di rete elettrosaldata e getto del calcestruzzo.



Figura 4 Solaio nuovo con travi in acciaio e lamiera grecata; il calcestruzzo permetterà di ottenere a mezzo dei connettori una struttura leggera ma con elevata capacità portante.

SOLAI LATEROCEMENTIZI



Figura 5 Solaio tipo Bausta con sottofondo e pavimento rimossi e disposizione dei connettori . Seguirà posa di rete e getto di calcestruzzo.



CONCLUSIONI

Alla fine di questa analisi specifica sul comportamento dei solai nel caso di sisma si vuole ripetere il concetto fondamentale della trattazione.

In caso di sisma la maggior parte dei crolli sono causati dal distacco di elementi di solaio non efficacemente collegati alle pareti. Nel caso si intervenga con una cappa collaborante con connettori il solaio può essere considerato infinitamente rigido e se tale struttura viene collegata alle pareti si garantisce il comportamento scatolare dell'insieme pareti-solaio.

Questo intervento garantisce il funzionamento ottimale del fabbricato permettendo alle pareti di esprimere la loro massima resistenza al sisma. Tale resistenza può non essere sufficiente in caso di forte sisma ma, in tanti casi, potrà ritardare cedimenti per tempi sufficienti a permettere la fuoriuscita delle persone dal fabbricato.

Ovviamente i tipi di intervento presentati sono solo alcuni dei possibili tipi ed in relazione allo stato di fatto la soluzione da scegliere può essere differente, tenendo presente che ogni tipo di intervento ha i suoi vantaggi, i suoi limiti e le sue attenzioni applicative.

Da quanto descritto fino ad ora emerge l'opportunità di affrontare un progetto con un approccio volto a considerare in maniera unitaria la struttura: cioè a considerarne la statica (vale a dire le azioni ordinarie), la sismica (vale a dire le azioni straordinarie) assieme all'uso e alla manutenzione.

Il compito del progettista è farsi una idea globale di come si può comportare l'edificio in tutti i frangenti e cercare di limitare i punti deboli con interventi locali affiancati da interventi globali evitando di farsi guidare dal solo calcolo al computer tramite modellazione numerica che può portare a risultati molto variabili e potrebbe far dimenticare punti deboli locali fondamentali.

TECNARIA®

Tecnaria S.p.A. Viale Pecori Giraldi 55 – 36061 Bassano del Grappa (VI) – Italia
Tel 0424 502029 Fax 0424 502386 – info@tecnaria.com – www.tecnaria.com