

Hold-down: come si comportano durante un evento sismico?

Analisi del comportamento delle staffe angolari (hold-down) finalizzata all'individuazione delle principali criticità. La ricerca ha l'obiettivo di definire una gerarchia tra i possibili meccanismi di rottura che influenzano la resistenza complessiva del sistema hold-down, con particolare attenzione alla distinzione tra modalità di rottura di tipo duttile o fragile. L'attività è orientata all'ottimizzazione del prodotto, promossa da Friulsider, con l'intento di favorire meccanismi di rottura duttili.

Per la costruzione di strutture in legno, sia a telaio che in X-LAM (pannelli lignei con tavole incrociate), un ruolo fondamentale è ricoperto dalle connessioni metalliche che collegano i vari elementi lignei tra loro e alle fondazioni. Infatti, esse vincolano i diversi elementi in base alle ipotesi progettuali e garantiscono la duttilità globale della struttura. In questa sede analizzeremo il comportamento di uno di questi elementi di collegamento, ovvero l'**hold-down** (tipo: [HTT - Prodotti per X-LAM - Friulsider](#)), che, data la sua geometria, permette di contrastare le azioni che tendono a ribaltare la struttura attraverso la sua resistenza a trazione.

L'**hold-down** (tipo: [HTT - Prodotti per X-LAM - Friulsider](#)), è una staffa angolare costituita da una piastra metallica, dotata di fori per l'inserimento della chiodatura necessaria a vincolare l'elemento metallico all'elemento strutturale ligneo, e da una ripiegatura con un foro di grande diametro per consentire il collegamento al cordolo in calcestruzzo (alla base della struttura) oppure tra i diversi piani dell'edificio.

La resistenza dell'hold-down in opera dipende da diversi meccanismi resistenti:

- Resistenza a taglio delle viti di collegamento/rifollamento dell'elemento ligneo;
- Resistenza a trazione dell'hold-down stesso;
- Resistenza a trazione/estrazione del tassello meccanico.

Per la valutazione di questi meccanismi si può far riferimento alle rispettive normative tecniche, anche se spesso i produttori forniscono già parte di queste informazioni nelle schede e nei cataloghi tecnici. Per la resistenza al taglio del gruppo di viti che vincolano l'hold-down all'elemento ligneo si seguono le indicazioni dell'**Eurocodice 5** (EN 1995-1-1); per la resistenza a trazione/estrazione del tassello che collega l'hold-down con il cordolo in calcestruzzo, invece, si fa riferimento all'**Eurocodice 2** (EN 1992-1-1). Le caratteristiche meccaniche dell'hold-down vengono fornite dal produttore e sono riportate, per i prodotti certificati, nell'**ETA** e nelle **DoP**.

La resistenza offerta dall'hold-down è quindi pari al valore minimo tra questi meccanismi resistenti, ma non tutti presentano un comportamento duttile. Sia la plasticizzazione delle viti sia la rottura a trazione della lamiera sono meccanismi di rottura duttile, mentre l'estrazione del tassello meccanico per sfilamento o per formazione del cono di calcestruzzo, ad esempio, sono meccanismi fragili.

FRIULSIDER S.p.A.

Società soggetta a direzione e coordinamento
di Simpson Manufacturing Co., Inc.
Company subject to management and co-ordination
by Simpson Manufacturing Co., Inc.

Cap. Soc. / Share Capital: € 4.000.000 iv.
Reg. Imprese UD / Register number UD: 01343880306
C.F. / Fiscal Code - P.IVA / VAT n°: 01343880306
REA UD 168463 - Cod. ident. / EORI: UE IT01343880306

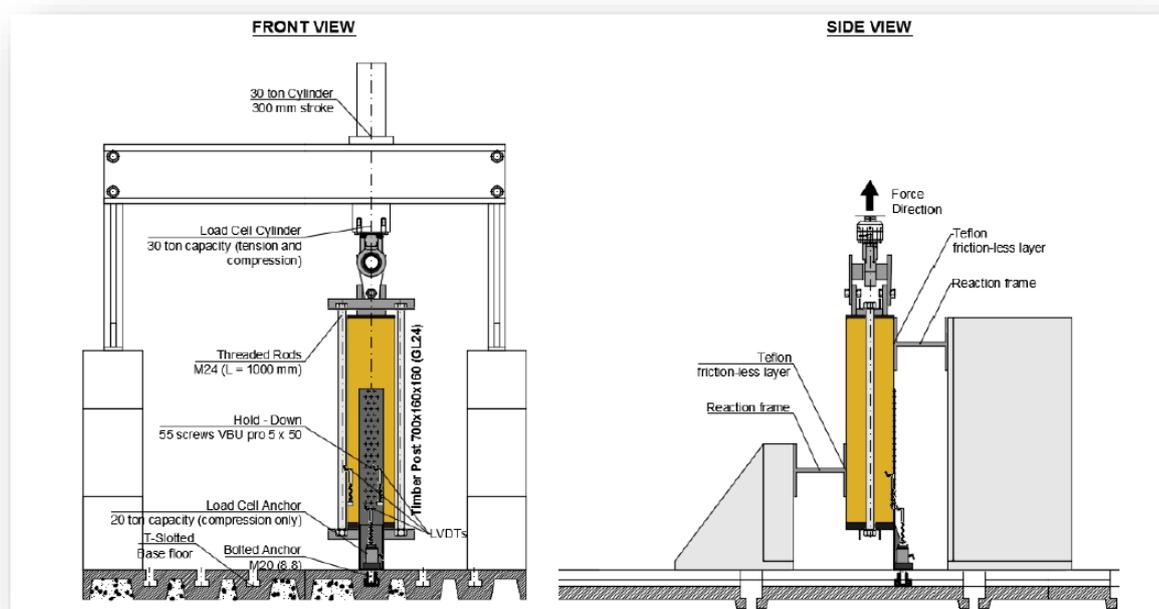
Durante un evento sismico, le forze orizzontali di piano che tendono a ribaltare la struttura vengono contrastate dalla resistenza a trazione degli hold-down. Per garantire una certa duttilità globale della struttura si attua una progettazione secondo il principio delle **gerarchie delle resistenze**. I meccanismi fragili devono quindi risultare **sovraresistenti** rispetto a quelli duttili, favorendo così una rottura locale di tipo duttile e il più possibile dissipativa.

Friulsider, azienda da sempre attenta alla ricerca e allo sviluppo dei propri prodotti, in collaborazione con il Politecnico di Milano, ha promosso un progetto di ricerca volto ad approfondire il comportamento dell'hold-down sottoposto sia a carichi monotoni che ciclici.

Le configurazioni testate sono essenzialmente tre:

1. Hold-down ancorato a un elemento verticale in legno (GL24) tramite chiodatura completa e vincolato a un piano di staffaggio in acciaio tramite un tassello per cave a "T" e vite M20 (cl.8.8);
2. Due hold-down, solidali a un elemento verticale in legno (GL24) tramite chiodatura completa e vincolati a una lastra in calcestruzzo debolmente armata (C20/25) tramite ancoraggio meccanico **ATS-EVO** ([ATS-evo - Ancoranti - Friulsider](#)) della Friulsider, dimensione M20, per una profondità di 125 mm;
3. Due hold-down, solidali a un elemento verticale in legno (GL24) tramite chiodatura completa e vincolati a una lastra in calcestruzzo debolmente armata (C20/25) tramite ancorante chimico **KEM EP** ([KEM EP EPOXY PREMIUM - 934 933 - Fissaggi Chimici - Friulsider](#)) della Friulsider con barra filettata M20 per una profondità di 160 mm.

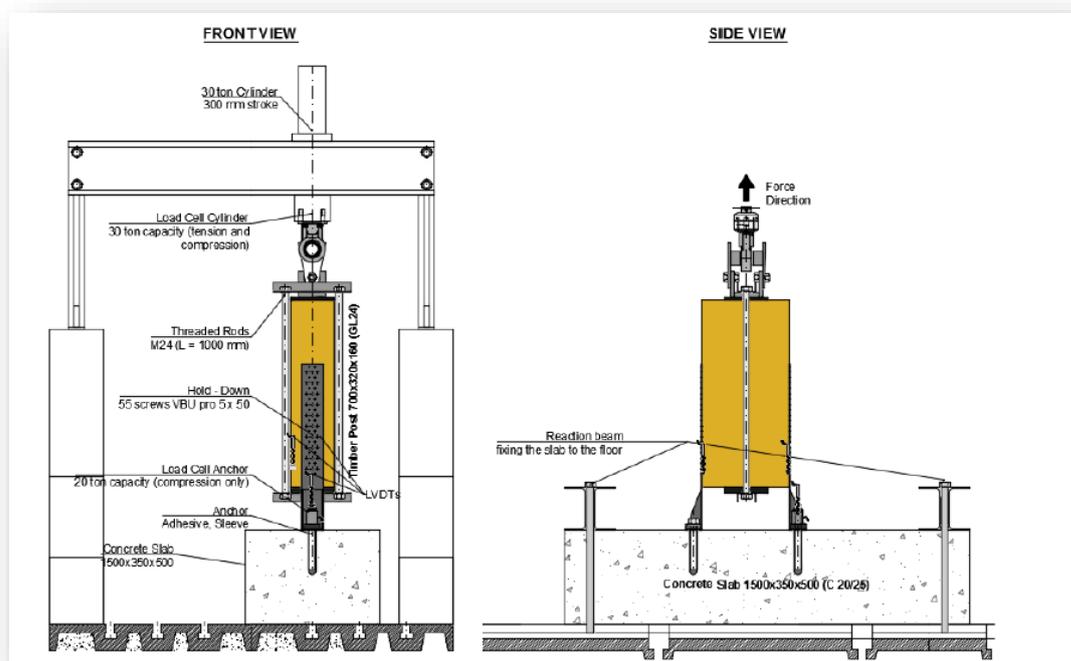
Nella configurazione con hold-down singolo è stata prevista, nel setup di prova, la presenza di ritegni laterali atti a prevenire rotazioni ed effetti fuori piano rispetto all'applicazione del carico. In figura sono schematizzati i setup di prova sia per hold-down singolo che per hold-down doppio:



FRIULSIDER S.p.A.

Società soggetta a direzione e coordinamento di Simpson Manufacturing Co., Inc.
Company subject to management and co-ordination by Simpson Manufacturing Co., Inc.

Cap. Soc. / Share Capital: € 4.000.000 iv.
Reg. Imprese UD / Register number UD: 01343880306
C.F. / Fiscal Code - P.IVA / VAT n°: 01343880306
REA UD 168463 - Cod. ident. / EORI: UE IT01343880306



L'elemento ligneo è inserito in un telaio formato da barre filettate e travi UPN accoppiate, collegato a una cella di carico e a un martinetto cilindrico idraulico per l'applicazione della sollecitazione. Le prove vengono eseguite utilizzando come parametro di controllo lo spostamento (impostando la velocità del martinetto idraulico).

Le prove, come anticipato, sono state eseguite sia in maniera monotona, con velocità costante in regime quasi statico (limite superiore: 1 mm/sec), per identificare il punto convenzionale di snervamento, sia mediante un protocollo di prova ciclico (in realtà **semi-ciclico**, in quanto la sollecitazione è solo di trazione).

Risultati dei Test

I risultati dei test hanno evidenziato un comportamento diverso a seconda delle configurazioni analizzate:

- Per l'hold-down vincolato tramite tassello per cave a T, la rottura avviene nella flangia verticale, in corrispondenza della seconda fila di viti. Si tratta di una rottura di tipo **duatile**, con un diagramma di rottura tipico di un materiale metallico. In questa configurazione, il comportamento della prova ciclica si sovrappone a quello della prova monotona e il tipo di rottura è identico;

FRIULSIDER S.p.A.

Società soggetta a direzione e coordinamento di Simpson Manufacturing Co., Inc.
Company subject to management and co-ordination by Simpson Manufacturing Co., Inc.

Cap. Soc. / Share Capital: € 4.000.000 iv.
Reg. Imprese UD / Register number UD: 01343880306
C.F. / Fiscal Code - P.IVA / VAT n°: 01343880306
REA UD 168463 - Cod. ident. / EORI: UE IT01343880306

- Per l'hold-down vincolato alla lastra in calcestruzzo tramite l'ancorante meccanico **ATS-EVO** della Friulsider ([ATS-evo - Ancoranti - Friulsider](#)) non si riscontra una rottura duttile: si verifica infatti la **rottura fragile del calcestruzzo con formazione del cono di calcestruzzo** per un carico pari a circa la metà rispetto al caso precedente (non si sfrutta la resistenza potenziale dell'hold-down). Tramite questo test si è riscontrata una gerarchia tra i diversi meccanismi resistenti, con al vertice la resistenza a trazione della flangia, seguita dal rifollamento del legno/plasticizzazione per taglio del gruppo viti ed in fine la resistenza dell'ancorante alla base. Anche nella prova ciclica si è ottenuto lo stesso meccanismo di rottura, di tipo **fragile**;
- Per l'hold-down vincolato alla lastra in calcestruzzo tramite barra inghisata con resina epossidica **KEM EP** ([KEM EP EPOXY PREMIUM - 934 933 - Fissaggi Chimici - Friulsider](#)) della Friulsider, prevale, come nel caso precedente, una **rottura fragile** per formazione del cono di calcestruzzo. Data la modesta entità degli spostamenti dell'ancorante, rispetto al caso precedente, si evidenzia, seppur in modo limitato, una tendenza al comportamento del primo caso, ma vi è comunque una carenza di resistenza dell'ancoraggio che compromette la gerarchia delle resistenze.

Conclusioni e sviluppo: l'idea di Friulsider

Considerando i risultati, appare evidente che l'**ancoraggio alla lastra in calcestruzzo** rappresenta un punto critico, che spesso compromette la gerarchia delle resistenze desiderata per ottenere un comportamento di tipo duttile. Non è tanto la tipologia di ancorante (meccanico o chimico) la discriminante, quanto la **resistenza del supporto in calcestruzzo**, che non consente di raggiungere una resistenza del sistema di ancoraggio superiore a quella degli altri meccanismi.

Per risolvere questo problema, **Friulsider** ha sviluppato in collaborazione con il Politecnico di Milano un nuovo **hold-down (SHD: [SHD - Prodotti per X-LAM - Friulsider](#))** in grado di **concentrare in sé la capacità dissipativa** del sistema di ancoraggio, prevenendo i meccanismi di rottura fragili a favore di un meccanismo duttile, quale la rottura per trazione dell'hold-down stesso.

È stata modificata la geometria della staffa angolare, introducendo una strizione con un certo numero (in base alle dimensioni dell'hold-down) di linguette metalliche. Queste si deformano fino alla rottura, stabilendo una gerarchia di resistenze in cui sia la chiodatura che l'ancoraggio alla base risultano **sovreresistenti**.

L'hold-down risulta quindi ottimizzato: viene sfruttata appieno la sua resistenza a trazione, salvaguardando sia l'elemento ligneo che il cordolo in calcestruzzo alla base, aspetto fondamentale per il **recupero dell'edificio post sisma**.

FRIULSIDER S.p.A.

Società soggetta a direzione e coordinamento di Simpson Manufacturing Co., Inc.
Company subject to management and co-ordination by Simpson Manufacturing Co., Inc.

Cap. Soc. / Share Capital: € 4.000.000 iv.
Reg. Imprese UD / Register number UD: 01343880306
C.F. / Fiscal Code - P.IVA / VAT n°: 01343880306
REA UD 168463 - Cod. ident. / EORI: UE IT01343880306

SIMPSON

Strong-Tie

FRIULSIDER

Via Trieste, 1 - 33048 S. Giovanni al Natisone (UD) Italy
T. +39.0432.747911 - info@friulsider.com
www.friulsider.com



The image shows a black metal bracket with four holes at the top and two vertical slots in the middle. To its right is a large blue double-headed vertical arrow. Further right is the text 'SHD' in a large, bold font, with the 'S' in red and 'HD' in white. Below this, the text 'CONCENTRARE LA CAPACITÀ DISSIPATIVA DEL SISTEMA DI ANCORAGGIO NELL'HOLD DOWN e salvaguardare i fissaggi' is written in orange and black.

SHD

**CONCENTRARE LA
CAPACITÀ DISSIPATIVA
DEL SISTEMA DI ANCORAGGIO
NELL'HOLD DOWN**
e salvaguardare i fissaggi

FRIULSIDER S.p.A.

Società soggetta a direzione e coordinamento
di Simpson Manufacturing Co., Inc.
Company subject to management and co-ordination
by Simpson Manufacturing Co., Inc.

Cap. Soc. / Share Capital: € 4.000.000 iv.
Reg. Imprese UD / Register number UD: 01343880306
C.F. / Fiscal Code - P.IVA / VAT n°: 01343880306
REA UD 168463 - Cod. ident. / EORI: UE IT01343880306

