

CARANNANTE JOINTS – IL NODO CARANNANTE



IL GIUNTO SISMICO

A CHE SERVE

- Ad unire con una unione bullonata in opera, travi e pilastri prefabbricati per realizzare l'ossatura spaziale di un qualsiasi edificio.
- A conferire in modo intrinseco, caratteristiche antisismiche all'intero edificio.

COME E' FATTO

E' un pezzo metallico costituito da più parti complesse da bullonare fra loro.

Ogni parte complessa è realizzata con l'assemblaggio nello spazio attraverso la saldatura di piastre piane di vario spessore e forma già preforate.

E' formato da una parte A e da una o più parti B.

Le parti A e B sono atte ad essere imbullonate fra loro in opera con un collegamento a completo ripristino della resistenza della trave nominale.

Le parti Bs sono per travi in asse con la parte A del NODO.

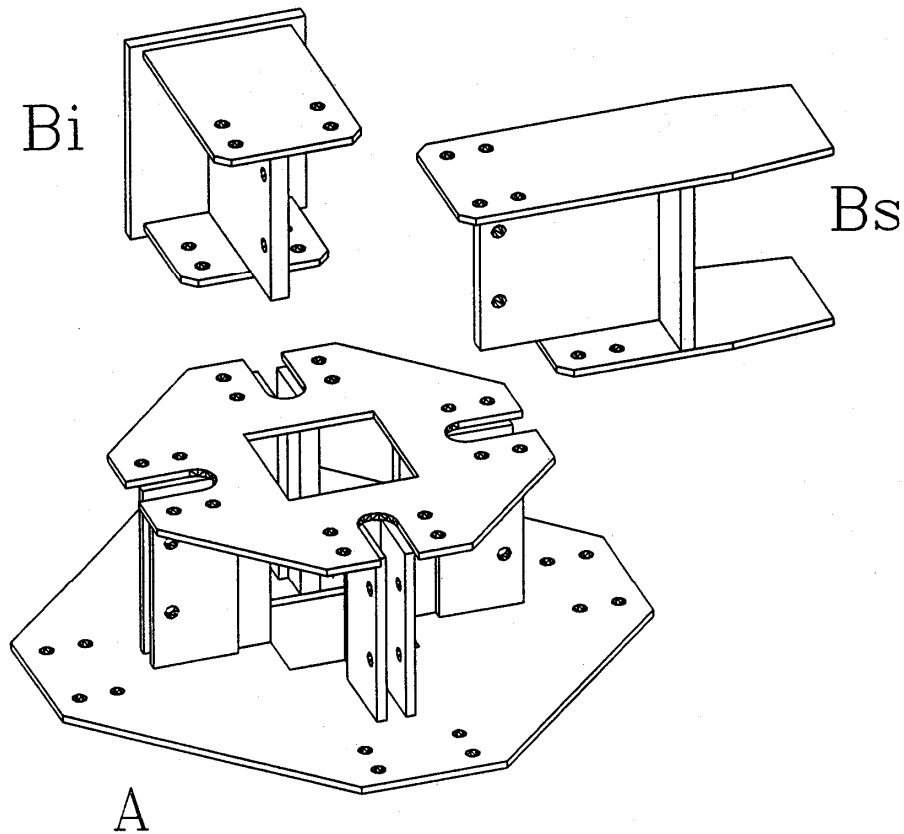
Le parti Bi sono per travi comunque inclinate.

PERCHE' E' NATO

E' un frutto del terremoto del 1980 che colpì l'Italia meridionale ed è nato per colmare una lacuna nello stato dell'arte delle strutture in acciaio: realizzare in modo semplice ed efficace un incastro rigido fra travi e pilastri prefabbricati in acciaio così come avviene per le strutture intelaiate in cemento armato gettate in opera. Successivamente si è constatato che è utile per colmare la stessa lacuna anche per le strutture prefabbricate in cemento armato.

COME SI USA

La parte A va resa solidale al pilastro in corrispondenza di ogni impalcato nello stabilimento di prefabbricazione, mentre le parti B, sempre nello stabilimento di prefabbricazione della struttura, vanno rese solidali alle estremità delle travi.



Nodo per pilastri passanti in acciaio.

Il foro interno ha la forma del contorno della sezione del pilastro passante. La parte A va infilata attraverso il pilastro e saldata ad esso nell'officina di preparazione della struttura.

Una parte A per ogni impalcato.



La trave metallica va infilata in Bs e saldata nell'officina di preparazione della struttura.



Se la trave è inclinata va saldata in Bi come dalle foto sottostanti.



La parte B va saldata alle due estremità di ogni trave metallica.

In questo modo la struttura è pronta per essere inviata nel cantiere dove sarà montata con la sola unione bullonata. Le travi scendono dall'alto ed entrando nell'incavo predisposto nella parte A del NODO, anche se semplicemente appoggiate non possono crollare.

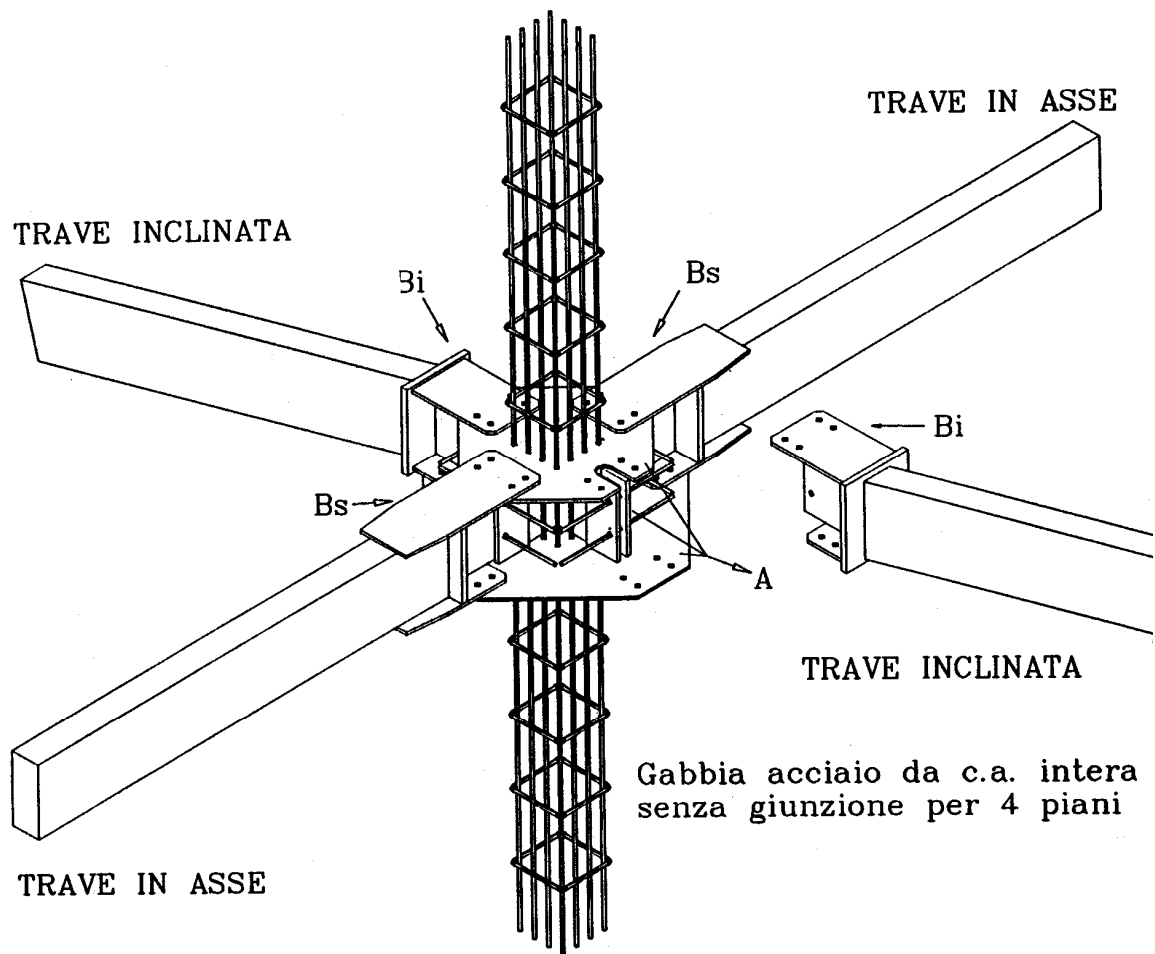


Col posizionamento dei bulloni diventano incastrate. Il montaggio è facilitato al massimo. Non occorre posizionare coprigiunti.

Il serraggio, normalmente, non è ad attrito.

I bulloni, forniti assieme al nodo prefabbricato, sono calcolati a taglio per il completo ripristino della resistenza della trave nominale.

Nodo per pilastro passante in cemento armato.



In corrispondenza di dove deve essere posizionata la parte A, va annegato, nel getto di prefabbricazione del pilastro un tronchetto di tubo in acciaio, (non disegnato nel grafico), ben ammorsato, anche con piastre interne, al getto di prefabbricazione interno al tubo.

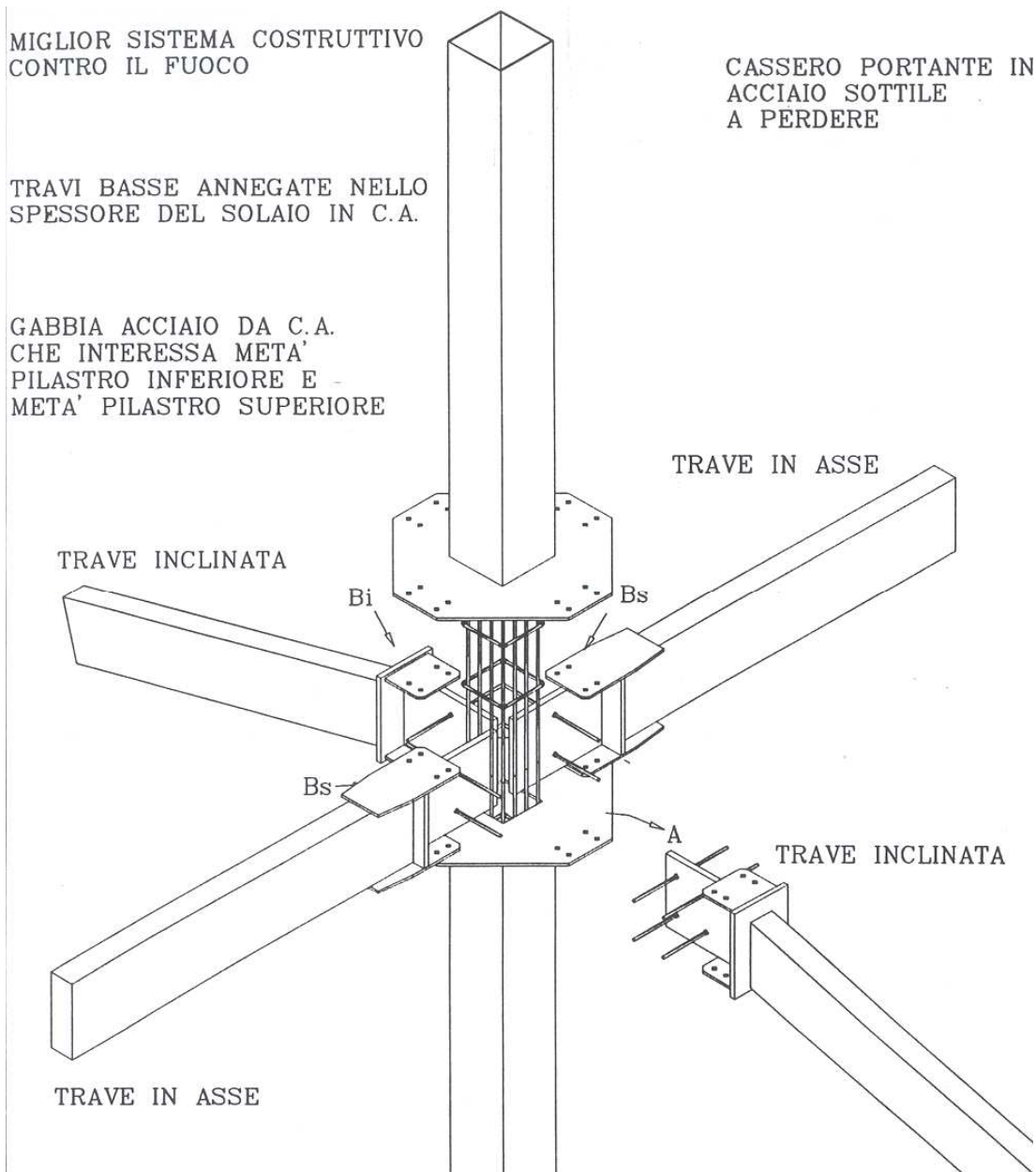
Il tronco di tubo, oltre a consentire la saldatura della parte A al pilastro prefabbricato, è utilissimo per rafforzare il calcestruzzo nel punto più sollecitato. Neutralizza l'incremento di momento flettente che la gerarchia delle resistenze impone al pilastro. La trave deve andare in crisi prima del pilastro

.In questo caso non se ne è tenuto conto.



Il pilastro, al lato debole, è andato in crisi prima della trave innestata in esso.
E' ovvio che la trave è stata più forte del lato debole pilastro.

Nodo per pilastro interrotto a ogni impalcato.



Quando la mole della colonna è talmente grande (il grafico non evidenzia questo aspetto) ed è tale da non poter essere costruita per più piani, si adotta questa soluzione che prevede uno sdoppiamento della parte A. Solo 2 piastre che hanno uno spessore paragonabile a quello delle ali delle travi e che sono utili anche per stabilizzare la lamiera del tubo, considerata sottile perché da sola, data la mole del pilastro, sarebbe instabile.

Il pilastro è in cemento armato.

Il tubo metallico è un cassero a perdere utile per la fase di montaggio.

La piastra di taglio della parte B non ha bisogno delle corrispondenti piastre nella parte A perché scarica direttamente al centro del pilastro.

La gabbia metallica di tondo da c.a. interessa la metà del pilastro inferiore e la metà del pilastro superiore.

Sul cassero-pilastro inferiore, vengono imbullonate le ali inferiori delle travi, e, dopo aver immesso la gabbia da c.a., si monta il tubo pilastro superiore imbullonandolo alle ali superiori delle travi. Le travi diventano incastrate e si può posizionare il solaio prefabbricato.

Il getto di calcestruzzo in opera, interesserà la metà superiore dei pilastri inferiori, la sigillatura delle travi e dei solai prefabbricati e la metà dei pilastri superiori.

La trave metallica può portare da subito il solaio prefabbricato e la trave composta in c.a., cui la trave metallica interna apporta ancora il residuo della sua resistenza, il sovraccarico.

Se non c'è rastremazione del pilastro le 2 piastre della parte A del nodo, sono identiche; come pure le 2 ali della parte B.

* * *

La duttilità:

Se lanciamo una pietra contro un vetro, il vetro va in frantumi e non interrompe la corsa della pietra.

Se lanciamo la stessa pietra contro una lamiera di pochi decimi di millimetri di spessore, la lamiera si deforma nel punto di impatto (ha una *deformazione plastica* solo in quel punto) e respinge la pietra. Naturalmente questo succede se la lamiera è tenuta ben ferma al suo contorno.

L'esempio del lancio della pietra, è stato scelto perché è un qualche cosa di violento e di breve durata che può essere paragonato ad un terremoto che investe una costruzione.

Un materiale è duttile se può essere lavorato in lamine o fili sottili.

Il materiale duttile per eccellenza è l'oro; nel campo delle costruzioni è l'acciaio.

Il materiale fragile è il contrario di duttile; se vuoi plasmarlo, sotto sforzo si rompe.

Il materiale fragile per eccellenza è il vetro; nel campo delle strutture è la muratura e/o il calcestruzzo. Questi materiali sono definiti non resistenti a trazione.

Una struttura è duttile se sotto l'azione di un sisma distruttivo, si deforma, si allunga, si contorce, ma non crolla.

La duttilità della struttura, è dovuta alla quantità di acciaio che ha al suo interno; ma attenzione, l'acciaio deve essere ben vincolato, altrimenti così come la lamiera, se non è tenuta ben ferma sotto l'azione dell'urto con la pietra può volare via, allo stesso modo l'elemento strutturale in acciaio o in c.a., se non ben vincolato, può cadere **intero**, senza aver dato al **materiale acciaio** che ha al suo interno, la possibilità di estrinsecare le proprie doti di duttilità.

La deformazione PLASTICA è il contrario di ELASTICA.

Se la deformazione della struttura è elastica, quando cessa la causa che l'ha prodotta (il vento, il terremoto previsto,... un carico verticale), ritorna nella sua posizione di quiete.

Se la deformazione è plastica invece, rimane nella posizione deformata.

I nodi Carannante, uniscono travi e pilastri con un collegamento bullonato a completo ripristino della resistenza. **E' garantito che il massimo sforzo che può portare la trave collegata sarà trasferito al pilastro.**

Paragonando la trave con l'esempio della lamiera, significa che la trave è tenuta ben ferma nel Telaio, non crolla, non vola via. E' costretta a deformarsi sotto l'effetto della sollecitazione eccezionale.

La struttura deve resistere elasticamente al terremoto di progetto; al terremoto che la legge, sulla base dei dati sismici storici, ritiene possa avvenire nella zona dove deve sorgere la costruzione durante tutto il periodo di tempo previsto per la vita della struttura.

Se malauguratamente avviene un terremoto più forte, la struttura crolla se non è duttile o si deforma plasticamente se è duttile.

Per **equiparare** tutti i vari sistemi costruttivi la normativa ha introdotto il fattore Q definito in base al tipo di schema costruttivo adottato. Il fattore Q che ne scaturisce, cogliendo la duttilità dei diversi sistemi costruttivi riduce le forze sismiche di una certa quantità.

Per una determinata tipologia di calcolo: SLV..., la normativa definisce lo spettro di progetto della struttura in esame partendo dallo spettro di risposta elastico. Determinato lo Spettro della Normativa in funzione del tipo di suolo e del periodo di ritorno dei vari terremoti che possono avvenire nella zona, in funzione dell'accelerazione sismica al suolo e del periodo di vibrazione della struttura in esame, lo Spettro Normativa ci dà la risposta della struttura al terremoto; ovvero le sollecitazioni sismiche massime cui potrà essere assoggettata.

Per strutture molto rigide, il fattore Q è $=1$. In elevazione la struttura si muove come si muove al suolo (abbiamo esempi di castelli con muri larghi 3 metri e più che hanno resistito per secoli).

Per strutture intelaiate in acciaio il fattore Q è massimo e pari a 6.5 . L'oscillazione in elevazione è massima. Forze sismiche 6.5 volte più piccole. Per strutture intelaiate in c.a. il fattore Q è 5.85 .

E' un dato del problema, però il Progettista lo deve ricercare con accuratezza perché fa la differenza.

Praticamente però, per strutture intelaiate, la riduzione delle forze sismiche attraverso il fattore Q , è solo per le travi. Consente di progettarle più piccole per facilitare che poi vadano in crisi sotto l'effetto del sisma distruttivo. Per i pilastri, le sollecitazioni sono più o meno quelle derivanti dal calcolo elastico perché, attraverso l'introduzione della Gerarchia delle Resistenze, la verifica dovrà essere fatta con sollecitazioni maggiorate. Lo spettro di risposta per i pilastri è quindi più vicino a quello elastico.

Per le strutture duttili, è sì previsto che la struttura debba andare in crisi se il sisma supera quello di progetto, ma è anche previsto che la crisi debba avvenire in modo programmato; in modo da dare la possibilità, agli abitanti dello stabile, di evacuare l'edificio.

Nel caso delle strutture a Telaio, assecondando e smorzando le oscillazioni sismiche, si devono creare cerniere plastiche alle estremità delle travi e al piede dei pilastri facendo consentire all'edificio di seguire in modo alternato le oscillazioni che il sisma trasmette alla costruzione. Solo in questo modo la costruzione nel rompersi non crolla del tutto e dà il tempo, agli abitanti dello stabile, di mettersi in salvo.

Nel caso di strutture con controventi, devono cedere i controventi prima degli altri elementi strutturali.

Il tempo è importante.

Quanto tempo ci mettono i controventi o le cerniere plastiche a cedere del tutto? Questo è il tempo che viene dato agli abitanti per evacuare la costruzione in caso di sisma distruttivo.

Per le strutture a Telaio, la normativa non obbliga ad effettuare i collegamenti a *completo ripristino della resistenza* su cui si basa la filosofia del Nodo Carannante per cui i vari sistemi costruttivi non sono perfettamente **equiparati**.

Ad esempio una struttura di acciaio a Telaio, se con travi incastrate flangiate e se con Nodi Carannante è trattata allo stesso modo; solo che nel primo caso le bullonature sono calcolate col sisma di progetto e nel secondo caso col massimo sforzo che riesce a portare la trave sotto terremoto catastrofico. Nel primo caso la duttilità estrinsecabile dalla struttura è dovuta solo alla piastra di flangiatura e nel secondo caso alla intera trave metallica. Nel primo caso i bulloni sono pochi, lavorano a trazione e la trave è molto grande perché deve essere proporzionata col valore del momento flettente all'incastro. Quando cedono quei pochi bulloni la trave cade intera senza estrinsecare la duttilità del materiale con cui è costruita. Col Nodo Carannante invece, i bulloni sono molti, lavorano a taglio e la trave è piccola perché è proporzionata col valore che il momento flettente assume all'innesto nel Nodo Carannante che è dello stesso ordine di grandezza che assume in mezzeria.

Il Nodo Carannante, su questo punto confida **solo** sulla sensibilità del Progettista.

Come si vede il progetto della struttura diventa più sofisticato, diventa il Progetto.

Lo schema a Telaio, è detto a *duttilità diffusa* perché sono gli stessi elementi strutturali necessari per portare i carichi verticali (Travi e Pilastri) che si oppongono **anche** al sisma; e, questi elementi, contrariamente alle strutture di controventamento che sono ubicate solo in alcune zone, sono ubicati in modo diffuso all'interno dell'edificio. Per questo motivo, costruendo con i nodi Carannante la struttura di un edificio, l'edificio stesso è reso automaticamente antisismico senza bisogno di ulteriori particolari accorgimenti.

Il sistema costruttivo a Telaio con aste in acciaio è classificato dalla nuova normativa sismica come il migliore e lo premia consentendogli di adottare nel calcolo, forze sismiche più piccole, perché potendosi deformare plasticamente in moltissimi punti senza crollare, riesce a sfruttare in modo ottimale la duttilità in campo plastico.

Abbiamo visto che la legge non obbliga ai collegamenti a completo ripristino della resistenza che consentono di sfruttare appieno, tutta la duttilità delle travi. Anzi di solito le strutture in acciaio si costruiscono con pilastri HE, travi incernierate e controventi isolati. Sono solo i controventi che si oppongono al sisma. L'acciaio per travi e pilastri è sprecato. L'incastro bullonato flangiato sulle ali dei pilastri in HE, non è a completo ripristino della resistenza. Lo sfruttamento della duttilità del materiale acciaio impiegato è al 10/20%. E' il Progettista della struttura che deve essere sensibile su questo punto.

Nel caso del cemento armato, sono i tondi tesi che danno duttilità alla struttura, e, per potersi tendere fino alla rottura devono essere ben ancorati. La verifica dell'aderenza dei tondini è essenziale, perché se viene meno il loro ancoraggio, la trave cade intera senza sfruttamento della duttilità. .. (la lamiera dell'esempio del lancio della pietra, vola via).

L'allungamento a rottura dell'acciaio in tondo da cemento armato è inferiore rispetto all'acciaio sagomato in profilo per effetto della qualità della materiale acciaio impiegato.

Il Progettista della struttura, se ha scelto lo schema strutturale con deformazioni plastiche a cerniera, deve valutare anche se queste devono essere piccole o grandi e deve valutare anche per quanto tempo debbano essere efficaci.

Per equiparare, così come i bulloni per il completo ripristino della trave in acciaio, devono essere calcolato col 20% in più rispetto alla sollecitazione di rottura della trave, allo stesso modo, nel caso del c.a., specialmente se prefabbricata in precompresso, l'ancoraggio dei tondini tesi deve essere calcolato col 20% in più rispetto al loro sforzo di rottura, e, la parte compressa, non deve cedere.

In zona sismica, le travi a spessore di solaio in c.a., sono vietate perché sotto sisma, l'armatura compressa non lavora. L'asse neutro è spostato nei pressi dell'armatura compressa che non rafforza il calcestruzzo compresso che si schiaccia, e, una volta che si è schiacciato, la trave non c'è più.

E' possibile invece adottare travi a spessore di solaio con l'anima di acciaio.

Travi a spessore in c.a. con all'interno i profili metallici vincolati a completo ripristino della resistenza attraverso i Nodi Carannante.

Dopo la rottura del c.a., è il profilo metallico interno che si deforma e forma la cerniera plastica che vogliamo.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE

Conclusioni

Le prove svolte chiariscono il comportamento dei singoli elementi che costituiscono il Nodo Carannante e del complesso strutturale ottenuto mediante esso e confermano il comportamento globale previsto, che mostra una concentrazione di plasticizzazioni nella zona di attacco trave-nodo, con la capacità di sostenere grandi deformazioni plastiche.

Prof. Ing. Aurelio Ghersi

Prof. Ing. Pier Paolo Rossi

Il Nodo Carannante consente di realizzare strutture duttili ed ha la capacità di sostenere grandi deformazioni plastiche per molti cicli alternati delle azioni sismiche;

per tutto il tempo che dura il terremoto, perché la parte che si piega, è tutto acciaio, ed è acciaio più duttile del tondo da c.a..

Il software Cj, realizzato appositamente per il sistema costruttivo è stato reso poi del tutto generico per poter far comparare la progettazione strutturale anche con gli altri sistemi costruttivi: in acciaio o in c.a., con travi comunque vincolate, con, o senza controventi. Nell'effettuare il calcolo e il disegno delle strutture nello studio del Progettista, automaticamente ne organizza anche la produzione industriale se la struttura è prevista col Nodo Carannante.

Le routine di calcolo e di verifica sono state scritte dal Prof.Ing.Aurelio gherzi.

Il preProcessore ed postProcessore del software hanno la stessa semplicità del sistema costruttivo perché sono stati pensati dalla stessa mente.

Nella stessa struttura possono coesistere anche materiali differenti.

Il sistema costruttivo Carannante, oltre ad essere di qualità superiore, è concorrenziale anche a livello di costo, col cemento armato prefabbricato, che sta sostituendo quello gettato in opera.

Il c.a. prefabbricato unisce travi e pilastri a cerniera o con semi incastro. Travi e pacchetto solaio sono molto alti; idem per il sistema costruttivo in acciaio denominato 'taglia e fora' .

Col nodo Carannante invece, si ottiene una trave metallica avente in modo naturale sezione variabile. Il Nodo è idoneo ad assorbire il picco del diagramma del momento dello schema di calcolo a telaio e consente di ridurre le dimensioni del profilo metallico necessario.

I profili in acciaio che soddisfano il calcolo, sono piccoli e assieme ai nodi Carannante, sono annegabili nello spessore del solaio se quest'ultimo è di cemento armato. Si ottengono quindi, in modo naturale, travi in c.a. a spessore di solaio aventi profili in acciaio, collegati a completo ripristino della resistenza, nel loro interno.

Completo ripristino della resistenza significa che è garantito che lo sforzo massimo che riesce a trasmettere la trave raggiungerà il pilastro.

Occorrono molti bulloni per una trave piccola e una grande quantità di bulloni per una trave grande.

Non è la grandezza della trave che determina la duttilità della struttura, è il collegamento.

E' la quantità e la qualità dei bulloni, **rapportati alle dimensioni della trave**, che farà estrinsecare la duttilità del materiale acciaio con cui è costruita la trave.

.

Vediamo in dettaglio i **VANTAGGI TECNICI COMPETITIVI dei NODI CARANNANTE**

Il ***primo vantaggio*** è il fatto che il collegamento bullonato è sempre previsto a completo ripristino della resistenza della trave nominale.

In caso di sollecitazioni in aumento, si rompe prima la trave e poi la bullonatura.

Ciò, implica un utilizzo universale del *nuovo elemento costruttivo* per qualsiasi grado di sollecitazione reale nella trave nominale perché la bullonatura non cede mai. E' quindi possibile prefabbricarlo e commercializzarlo senza sapere a priori in quale struttura sarà impiegato.

Per questo motivo è un NUOVO ELEMENTO STRUTTURALE.

Il nodo prefabbricato è quindi universalmente idoneo a sostituire, *in meglio*, le lavorazioni che attualmente vengono effettuate alle estremità delle travi e vicino ai pilastri per effettuarne il collegamento. Le travi metalliche non vengono indebolite dalle forature.

Detto collegamento, attualmente, è progettato e realizzato appositamente per ogni singola unione e se aumentano le caratteristiche delle sollecitazioni oltre il terremoto di progetto, il collegamento va in crisi prima della trave. (...la lamiera vola via.)

Il NODO CARANNANTE è invece un pezzo già pronto che riesce a risolvere **in via preventiva** il problema sismico in modo semplice ed ottimale. Per questo motivo è **IL GIUNTO SISMICO**.

Il **secondo vantaggio** è che i nodi, costruiti con la saldatura di lamiere prelaborate, concentrano tutte le lavorazioni di precisione della struttura prefabbricata in un unico pezzo che, essendo ripetitivo, è costruito in ambiente specializzato con tecnologia robotizzata per essere offerto a tutti.

Per le travi ed i pilastri occorre il solo taglio a misura, da realizzarsi a squadra o con l'inclinazione determinata dal software. Tipologie di lavorazioni già offerte dai commercianti di travi.

L'officina più modesta, **anche se improvvisata a piè d'opera**, con l'impiego dei nodi prefabbricati potrà costruire con semplicità una struttura avente precisione e qualità superiore.

In cantiere, la struttura è assemblabile con la sola unione bullonata.

Il **terzo vantaggio** è che con l'introduzione della parte «B» del nodo (è ciò che caratterizza l'invenzione), più larga della trave, è possibile utilizzare bulloni di grosso diametro in fori che non indeboliscono la trave e che non potrebbero essere effettuati sulle ali delle travi per mancanza di spazio.

Il **quarto vantaggio** è il fatto che il NODO realizzando l'incastro iper-rigido fra travi e pilastri in opera sia nel piano orizzontale che nei piani verticali, assembla una struttura spaziale composta da tre ordini di telai piani fra loro ortogonali e quindi non abbisogna di alcun tipo di controvento perché la rende automaticamente AUTONOMA contro il vento e le azioni sismiche.

Il **quinto vantaggio** è che l'incastro, realizzato col nodo prefabbricato, è più efficace anche rispetto alle strutture in c.a. gettate in opera.

Il crollo di un edificio multipiano in c.a. parte quasi sempre dalla crisi che si instaura in un nodo. Ciò perché essendo il punto più sollecitato, è attraversato da una miriade di tondini.

Tale armatura occupa quasi tutto lo spazio a disposizione e difficilmente può essere protetta da un idoneo copriferro.



Il posizionamento di tale armatura in opera, crea non pochi disagi.

Le travi in acciaio vincolate col Nodo invece, oltre ad essere incastrate, terminano con un tratto più forte in prossimità del pilastro costituito proprio dal Nodo iper-rigido, che avvolge completamente il pilastro, rinforzandolo in questa zona. La creazione della cerniera plastica è prevista debba formarsi a una certa distanza dal pilastro, dopo il Nodo Carannante.

I pilastri, con questa rottura programmata, non sono coinvolti neanche minimamente; anzi sono rafforzati.

Per carichi gravitazionali, la continuità, fra travi e pilastri realizzato col Nodo incastro, ai fini del costo, se la struttura è in acciaio, consente un **risparmio sul peso globale di tutta la struttura dal 20% al 30%** rispetto al sistema tradizionale che utilizza travi incernierate.

Lo stesso se con controventi.

Assorbendo il nodo il picco dello sforzo, le travi sono proporzionabili con un **momento 3 volte più piccolo** rispetto alle stesse travi, se incernierate.

Le travi così vincolate, non danno neanche problemi di deformabilità perché **l'abbassamento in mezzeria è circa 6 volte più piccolo** rispetto alle stesse travi se vincolate a cerniera.

Le travi, potendo essere molto basse, sono annegabili nello spessore di un pannello solaio autoportante in c.a. di grosse dimensioni che proponiamo per il sistema costruttivo.

Ciò è fattibile perché il nodo Carannante realizza il tratto rigido alle estremità delle travi, orizzontale, e non verticale; per cui, anche il nodo iper-rigido è annegabile nello spessore del solaio se questo è in c.a..

Naturalmente il solaio con travi in acciaio e lamiera grecate rappresentano la normalità.

L'annegare le travi nello spessore dei solai in c.a., e, l'aumento della portanza dovuto al Nodo rigido prefabbricato implica che le travi per costruire la civile abitazione, difficilmente supereranno i 300mm. in altezza, per luci che possono superare anche i di 10 metri.

Sesto vantaggio: L'annegare le travi nel solaio in c.a. e quindi nel getto di calcestruzzo, implica una automatica protezione contro il fuoco e la corrosione per le travi in acciaio.

La possibilità di poter adottare il solaio in c.a. in sostituzione delle travi metalliche secondarie con lamiera grecata, è forse il vantaggio più importante perché, a parte i motivi legati alle nostre tradizioni costruttive, l'utilizzo della lamiera grecata obbliga alla protezione contro il fuoco e la corrosione per le travi metalliche, e alla controsoffittatura del solaio.

Il **settimo vantaggio** è che il sistema costruttivo è un sistema aperto che amplifica la creatività del Progettista consentendogli di costruire, a parità di travi, con luci maggiori.

Ottavo vantaggio: Il nodo consente l'innesto in esso anche di travi inclinate e a sbalzo, per cui, oltre a dare la possibilità di realizzare facilmente il tetto inclinato, permette anche la facile costruzione dei balconi.

Attualmente è difficile vedere in giro un edificio con struttura prefabbricata, sia essa in acciaio o in c.a. prefabbricato, che abbia dei balconi. Ciò perché è tecnicamente più difficile e quindi più costoso.

Nono vantaggio: Il nodo prefabbricato realizzando l'incastro anche nel piano orizzontale, organizza travi e pilastri in telai piani (tipologia strutturale avente caratteristiche antisismiche) anche se i pilastri non sono perfettamente allineati fra loro in pianta per motivi architettonici.

Decimo vantaggio: La fornitura dei nodi, e delle travi in acciaio a scomparsa nei solai, ai prefabbricatori in c.a., apre a questi ultimi la possibilità della prefabbricazione totale della civile abitazione con Pilastri, solai e tompagni prefabbricabili in c.a.. La trave invece è mista: acciaio prefabbricato accoppiato col c.a. di sigillatura degli elementi prefabbricati da gettare in opera.

Questa è una **nicchia di mercato ancora vergine** per mancanza di tecnologia. Infatti a tutt'oggi, né i prefabbricatori in c.a. né le carpenterie metalliche riescono a prefabbricare un edificio per civile abitazione avente le **stesse** caratteristiche dimensionali, a livello di pacchetto solaio, di un edificio con struttura in c.a. gettata in opera.

Undicesimo vantaggio: Travi in c.a a spessore di solaio *con anima di acciaio*.

La possibilità di consentire anche in zona sismica la realizzazione delle travi in c.a. a spessore di solaio è una gioia per gli architetti e dà un buon valore aggiunto alla costruzione perché consente di avere una pianta libera, esente da vincoli strutturali.

Dodicesimo vantaggio: montaggio di precisione con eliminazione delle distorsioni dovute alle tolleranze di laminazione.

Nella ipotesi di collegamento tradizionale di una trave metallica fra due pilastri HE, la misura della trave è definita dalla distanza fra le facce delle HE. Poiché le HE hanno delle tolleranze di laminazione di $\pm 2/3$ mm, si capisce che se l'HE è più alta di 3 mm rispetto alla misura teorica, dall'asse/asse Pilastri, si hanno 1.5 mm a sinistra e 1.5 mm a destra in più. Lo spazio reale per la trave è più piccolo di 3 mm rispetto alla misura teorica. Ora, si capisce che è impossibile montare la trave con un montaggio di precisione senza forzare la struttura. I 2 pilastri devono inevitabilmente essere spostati verso l'esterno. In qualche altro caso bisogna tirarli verso l'interno.

In sede di montaggio, vengono impressi delle distorsioni che non è possibile tenere sotto controllo.

Utilizzando i nodi Carannante invece le misure vanno prese sempre asse/asse pilastri. La tolleranza di costruzione del pilastro che attraversa il nodo è ininfluente perché è automaticamente assorbita dalla saldatura quando si assembla la parte A del nodo, attorno al pilastro, in officina.

Un ***ulteriore vantaggio*** (per la collettività) è il fatto che *il collegamento a completo ripristino, unito alla iperstaticità dello schema strutturale* (intelaiato a nodi iper-rigidi), **consente lo sfruttamento della duttilità dell'acciaio in modo automatico con l'evolvere degli sforzi sismici** (sfruttamento della resistenza dell'acciaio, anche in campo plastico, oltre il limite elastico).

E ciò proprio quando serve, cioè per carichi eccezionali esterni non previsti in sede di progetto preventivo della struttura; tipo azioni sismiche aventi intensità superiori a quelle di ... legge.

Sotto carichi eccezionali, la struttura, raggiunge la plasticità in alcuni nodi e piegandosi in quei punti si formano delle cerniere plastiche. Perdendo iperstaticità, la struttura cambia in modo naturale lo schema strutturale di calcolo e di conseguenza si adatta ai carichi non previsti con una redistribuzione automatica degli sforzi fra le varie aste del telaio rimaste ancora rigide.

Quando tutte le iperstaticità saranno perse (la struttura intelaiata è **fortemente** iperstatica), si arriverà all'**attuale** schema isostatico adottato dal «Taglia e fora».

Per far oscillare l'edificio e per poter piegare le travi di acciaio, è necessario consumare energia. E' appunto l'energia che il sisma trasmette alla costruzione che viene dissipata in questo modo; distruttivo sì per la struttura, se il sisma supera quello di progetto, ma non per gli abitanti dello stabile che avranno tutto il tempo per mettersi in salvo.

Se evolvono gli sforzi in una struttura in acciaio con collegamenti proporzionati solo per i carichi di esercizio, il collasso di un collegamento fa crollare gli elementi strutturali in acciaio **interi**, senza aver dato loro la possibilità di estrinsecare le tipiche doti di duttilità del materiale acciaio.

Sotto questo aspetto una struttura realizzata con i Nodi Carannante, è 10 volte più sicura.

Questa sicurezza intrinseca del sistema costruttivo è recepito dalla normativa tecnica con una riduzione delle forze sismiche da applicare rispetto agli altri sistemi costruttivi non duttili.

Questo sistema costruttivo, è migliore anche rispetto alla attuale tecnologia giapponese.

I giapponesi da tempo utilizzano le strutture intelaiate in acciaio; solo che invece di utilizzare il nodo come NUOVO ELEMENTO STRUTTURALE per essere offerto a tutti, realizzano più o meno la stessa cosa saldando al pilastro avente sezione a doppioT in entrambe le due direzioni principali, 4 tronconi di travi forate alle estremità.

I nostri punti di forza rispetto alla tecnologia giapponese sono:

1. che loro indeboliscono le travi con la foratura, noi no,
2. che loro hanno una trave a sezione costante, mentre col nostro Nodo prefabbricato si viene a realizzare in opera una trave a sezione variabile che in modo naturale segue il diagramma degli sforzi e avvolge completamente il pilastro rafforzandolo nel punto più sollecitato.

3. che loro utilizzano un pilastro in acciaio formato da 4 T interamente saldato in senso longitudinale, in modo da avere una sezione resistente a doppio T nelle due direzioni principali, mentre noi, possiamo utilizzare qualsiasi pilastro; anche un tubo strutturale pieno di calcestruzzo o interamente in cemento armato prefabbricato.

Le cerniere plastiche si devono creare alle estremità delle travi per cui sono le travi che devono essere di acciaio e non necessariamente anche i pilastri.

I pilastri devono rispettare solo la gerarchia delle resistenze, devono avere una resistenza maggiore delle travi. In caso di sisma distruttivo, si devono rompere prima le travi e poi i pilastri, e i pilastri si devono rompere prima delle fondazioni.

Un ***ultimo e non meno importante vantaggio*** è dovuto al fatto che il sistema costruttivo permette per la realizzazione dei pilastri, l'utilizzo dei tubi in acciaio da riempire con calcestruzzo in opera.

Questo è il miglior sistema costruttivo contro il fuoco.

In caso di incendio, l'acciaio perde la propria resistenza strutturale; il calcestruzzo invece perde acqua fino a scoppiare.

Nel caso del tubo pieno di calcestruzzo, l'acciaio esterno perde la propria resistenza strutturale e trasferisce il proprio carico verticale al nucleo interno in c.a.; però è ancora idoneo a limitare la perdita dell'acqua dal calcestruzzo e a evitare lo scoppio del pilastro.

Da prove sperimentali effettuate dai produttori di tubi si sa che il fenomeno è indipendente dallo spessore del tubo.

Il Tecnico non è costretto a conoscere le minuziose regole sulle saldature e sulle bullonature.

Come Progettista ha il particolare costruttivo già disegnato.

Come Direttore dei Lavori è maggiormente garantito perché il nodo è venduto con qualità certificata.

Come Collaudatore sa che il Nodo, oltre ad essere stato progettato in via preventiva guardando unicamente alla sicurezza del prodotto finale, *l'edificio*, prima della sua prefabbricazione è stato anche ampiamente testato da Specialisti in laboratorio.

Il prodotto oltre a essere garantito sia in via preventiva, è garantito anche in via definitiva, perché i NODI sono costruiti con macchine automatiche sotto controllo di qualità.

Il Tecnico, **per poter ottenere questi vantaggi, non deve fare altro che** mettere i grafici dei NODI nei propri progetti. In ciò è anche supportato dal nostro software.

Per ogni pilastro e ogni trave scelti dal Progettista della struttura, esiste un nodo Carannante che sarà generato dal software nello studio del Progettista e che sarà costruito **just in time** dalle macchine automatiche comandate dallo **stesso** software. Ormai non si costruisce più per il magazzino che è stato definito spesa inutile ed è stato soppiantato dalla logistica.

Dall'uso dei nodi, consegue che le strutture risultano:

- **qualitativamente migliori:** l'utilizzo del Nodo incastro bullonato all'interno di una struttura rende la struttura stessa molto più resistente alle sollecitazioni sismiche.

Con la continuità strutturale (incastro invece che cerniera) e con le travi a sezione variabile, otteniamo la:

- **riduzione del materiale:** la possibilità di fare a meno dei controventi e di ridurre le altezze delle travi, eliminando sprechi di materiale, consente di realizzare strutture con un risparmio in termini di peso complessivo della struttura stessa valutabile tra il 20% ed il 30%.

Poiché la prefabbricazione in acciaio viene commercializzata a peso, la riduzione dei costi risulta piuttosto consistente.

Col montaggio facilitato e di precisione, otteniamo la:

- ***riduzione dei tempi e dei costi di montaggio***: le strutture complete che utilizzano la tecnologia dei Nodi Carannante richiedono tempi di montaggio decisamente inferiori rispetto alle tecniche costruttive tradizionali, siano esse in acciaio che in calcestruzzo.

Per il montaggio bullonato con discesa delle travi dall'alto, non è necessaria manodopera specializzata avente particolare qualificazione tecnica.

Non è necessario l'utilizzo dei coprigiunti.

Il montaggio può essere effettuato dalle stesse maestranze edili.

Rispetto al calcestruzzo gettato in opera, sono completamente eliminati: la carpenteria in legno e i tempi di attesa di indurimento del getto di calcestruzzo in opera. Il getto integrativo in opera del calcestruzzo non rallenta il montaggio perché non ha alcuna funzione statica immediata.

Per info: www.carannantejoints.com