

# **NUOVI ELEMENTI STRUTTURALI PER LA COSTRUZIONE DI STRUTTURE ANTISISMICHE**

Ing. Biagio P. Carannante



Gli elementi strutturali proposti sono nodi incastro bullonati, idonei ad unire travi e pilastri prefabbricati o semi-prefabbricati se molto grandi, con la sola unione bullonata in opera.

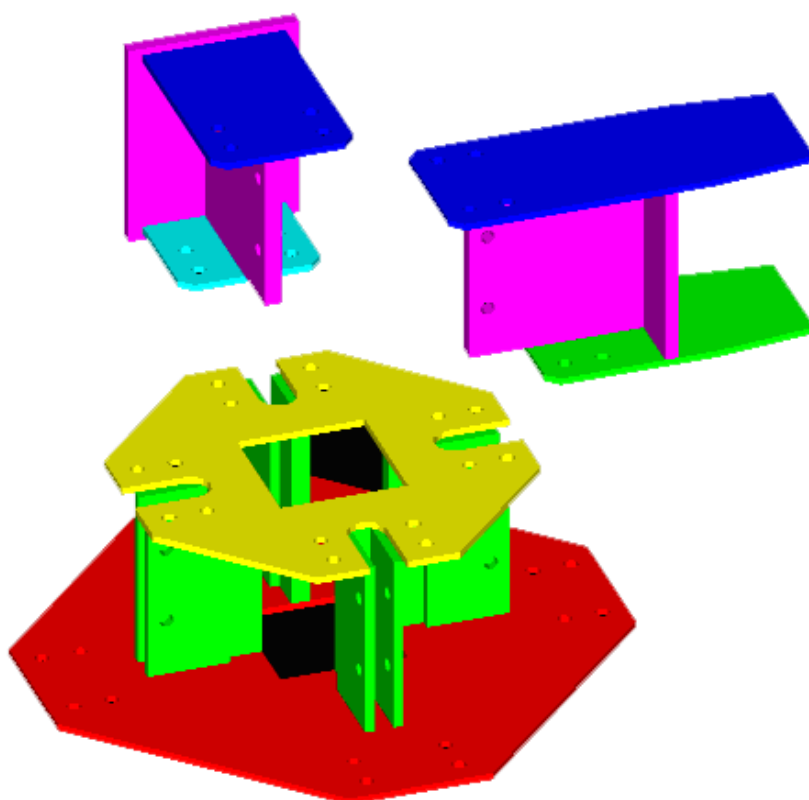
I nodi sono di acciaio. Le travi possono essere di acciaio oppure miste acciaio-calcestruzzo.

I pilastri sono di forma e dimensioni qualsiasi. Possono essere di acciaio tipo HE, tubi strutturali vuoti o pieni di calcestruzzo, grossi tubi in lamiera sottile da riempire con c.a. in opera, possono essere di c.a. prefabbricato.

I nodi, per poter realizzare l'intelaiatura spaziale, sono normalmente atti a ricevere, oltre al pilastro, quattro travi fra loro ortogonali; però esistono anche nodi a tre vie, a due vie e a una via per pilastri perimetrali o di angolo.

I nodi sono completi di bulloni e sono composti da una parte A che va resa solidale al pilastro nello stabilimento di prefabbricazione e da tante parti B quante sono le travi concorrenti nel nodo.

Le parti B possono essere del tipo Bs, tipo standard per travi in asse e del tipo Bi per travi comunque inclinate.



Le parti A dei nodi, vanno resi solidali ai pilastri prefabbricati, una ad ogni piano, con saldatura se i pilastri sono di acciaio, o con l'annegamento nel getto di prefabbricazione se i pilastri sono di c.a.

Le parti B dei nodi, vanno sempre saldate (nell'officina di carpenteria) alle estremità delle travi che sono sempre in acciaio.

Le travi, in opera potranno diventare miste acciaio-calcestruzzo col getto di sigillatura in opera se lo stesso getto viene reso strutturale con la introduzione di ulteriori barre da c.a.

\* \* \*

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 e respinge la pietra; naturalmente questo succede se la lamiera è tenuta ben ferma al suo contorno.

Il lancio della pietra, 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 non armato. Questi materiali sono definiti non resistenti a trazione.

Una struttura è duttile se sotto l'azione del sisma 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 ben vincolata 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.

I nodi uniscono travi e pilastri con un collegamento bullonato a completo ripristino della resistenza, cioè idoneo a sfruttare la duttilità delle travi in acciaio, in uno schema intelaiato spaziale.

Questo schema è detto a duttilità diffusa perché sono gli stessi elementi strutturali necessari per portare i carichi verticali che si oppongono anche al sisma; e, questi elementi, contrariamente alle strutture di controventamento che sono ubicate solo in alcuni punti, sono ubicati ovunque all'interno dell'edificio.

Questo sistema costruttivo è classificato dalla nuova normativa sismica come il migliore perché riesce a sfruttare la resistenza dell'acciaio anche in campo plastico.

Impiegando i nodi nella struttura di un edificio, l'edificio stesso è reso automaticamente antisismico senza bisogno di altri particolari accorgimenti.

Ogni struttura può essere completamente prefabbricabile anche se abbisogna di un getto integrativo di calcestruzzo in opera.

Il sistema costruttivo è aperto perché non impone alcun vincolo al Progettista; anzi ne esalta la creatività.

Si possono realizzare facilmente travi a sbalzo e comunque inclinate.

Un software, in fase di ultimazione, realizzato appositamente per il sistema costruttivo, ma del tutto generico per poter far comparare la progettazione strutturale anche con altri sistemi costruttivi, o 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 robotizzata nello stabilimento di prefabbricazione. Il software utilizza routine di calcolo e di verifica del Prof. Ing. Aurelio Ghersi della Facoltà di Ingegneria di Catania.

I grafici costruttivi in formato dxf vengono letti automaticamente dalle macchine che producono.

Onde adottare la stessa metodologia di calcolo per tutti i sistemi costruttivi, è possibile calcolare anche edifici in muratura secondo la schematizzazione a telaio proposta dal Prof. Ing. Bruno Calderoni della Facoltà di Ingegneria di Napoli.

Nella stessa struttura possono coesistere materiali differenti.

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

Ciò è dovuto al fatto che a differenza del sistema costruttivo in acciaio denominato 'taglia e fora', e a differenza dell'attuale sistema costruttivo in c.a. prefabbricato che unisce travi e pilastri a cerniera, con conseguenti travi e pacchetto solaio molto alti, col nodo si ottiene una trave a sezione variabile che è idonea ad assorbire il picco del diagramma del momento dello schema di calcolo a telaio.

Le travi in acciaio sono piccole e assieme ai nodi, a livello di costi, diventano solo un accessorio per poter prefabbricare.

Completo ripristino della resistenza significa che 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 la quantità e la qualità dei bulloni, rapportati alle dimensioni della trave, che fa estrinsecare la duttilità al materiale acciaio.

\* \* \*

Vediamo in dettaglio i **vantaggi 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 rottura, si rompe prima la trave e poi la bullonatura.

Ciò implica un utilizzo universale del nuovo elemento costruttivo per qualsiasi grado di sollecitazione nella trave nominale, e quindi, dà la possibilità della sua prefabbricazione e della sua commercializzazione 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.

Detto collegamento, attualmente, è progettato e realizzato appositamente per ogni singola unione e se per una qualsiasi causa aumentano le caratteristiche delle sollecitazioni oltre il previsto, il collegamento va in crisi.

Il nodo Carannante è invece un pezzo già pronto che riesce a risolvere **in via preventiva** il problema sismico in modo semplice ed ottimale.

Il **secondo vantaggio** è che i nodi, costruiti con la saldatura di lamiere prelavorate, 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.

L'attuale stato dell'arte lascia il posizionamento di tale armatura alla fantasia del carpentiere, sotto l'impellente della fretta in corso d'opera.

Le travi in acciaio vincolate col nodo invece, oltre ad essere incastrate, terminano con un tratto più forte in prossimità del pilastro costituito dal nodo iper-rigido.

Tale tratto rigido è idoneo ad assorbire il picco dello sforzo che si instaura sempre e principalmente nel nodo e nel caso di strutture miste acciaio calcestruzzo, garantiscono il collegamento di qualità

per effetto della accuratezza della progettazione e della esecuzione in quanto la stessa è realizzata in ambiente protetto e specializzato in sede di prefabbricazione.

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.

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 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 anche 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 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 contro soffittatura.

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 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 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 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.

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.

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 è garantito sia in via preventiva, perché le ipotesi progettuali sono state convalidate con prove di laboratorio, sia in via definitiva, perché i NODI sono costruiti 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.

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 ridistribuzione 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 poter piegare i nodi di acciaio, è necessario consumare energia.** E' appunto l'energia che il sisma trasmette alla costruzione che viene dissipata in questo modo non distruttivo.

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 loro dato 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 nuova normativa sismica con una riduzione delle forze sismiche da applicare rispetto agli altri sistemi costruttivi non duttili. Ciò al fine di evitare concorrenze sleali fra i vari sistemi costruttivi.

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 4 tronconi di travi.

Anche loro realizzano la bullonatura in opera spostata dal pilastro così come facciamo anche noi.

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.
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 ora imposta anche dalla nuova legge sismica italiana. In caso di sisma 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 al nucleo interno; però è ancora idoneo a limitare la perdita dell'acqua dal calcestruzzo e a evitare lo scoppio del calcestruzzo interno.

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

**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), 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 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 di un getto. Il getto integrativo in opera del calcestruzzo non rallenta il montaggio perché non ha alcuna funzione statica immediata.

\* \* \*

Informazioni per:

- collaborazioni da parte di tecnici e professionisti;
- collaborazioni da parte di carpenterie metalliche;
- collaborazioni da parte di prefabbricatori in c.a. ;
- collaborazioni da parte di imprese di costruzioni;
- la distribuzione del software di calcolo;
- la distribuzione del software di produzione dei nodi;
- la distribuzione del software di costruzione delle strutture complete;
- la fornitura di nodi;
- la fornitura di strutture complete;
- assistenza alla progettazione;
- assistenza alla costruzione

possono essere richieste all'ing. Biagio P. Carannante autore del sistema costruttivo tramite e-mail all'indirizzo: [biagio.carannante@hotmail.it](mailto:biagio.carannante@hotmail.it)

Come si vede l'impatto con l'attuale modo di costruire è notevole. Non è stato facile arrivare a questo punto.

Rapportato alla struttura il nodo Carannante è un pezzo piccolino eppure ribaltata completamente il punto di vista del costruire strutture per edifici.

L'obbligo del profilo HE per i pilastri per avere la possibilità di innestare una trave sulle ali non è più necessario. I controventi nell'altra direzione non sono più necessari.

Realizzare travi molto alte tipo IPE per evitare di sentirne la deformazione sotto i piedi non è più necessario. Non ci sono più restrizioni all'utilizzo dei tubi strutturali.

L'utilizzare travi molto alte per ridurre il peso e quindi il costo non è più una priorità perché si sa che ogni kg di acciaio impiegato in più non è uno spreco ma è una riserva di resistenza contro eventi eccezionali tipo il sisma.

Viene a crearsi una perfetta integrazione fra impresa di costruzione edile, industria e carpenteria metallica.