

Capitolo 2

COME NASCE IL NODO CARANNANTE

2.1 Un progetto di Architettura Tecnica.

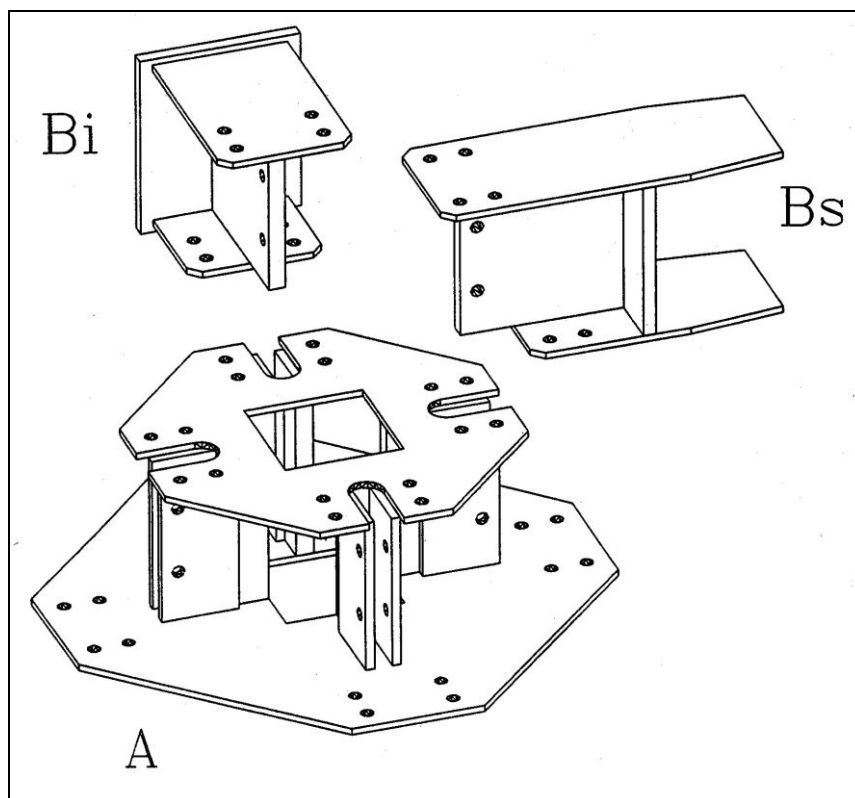


Fig.1 Il Nodo Carannante

Analizziamo il flusso dello sforzo in una trave a doppio T che deve scaricare il suo carico sul pilastro.

Momento statico, momento di inerzia, ...modulo di resistenza, già sono delle cose complicate.

La trave a doppio T, semplificando, è formata da 3 piatti,

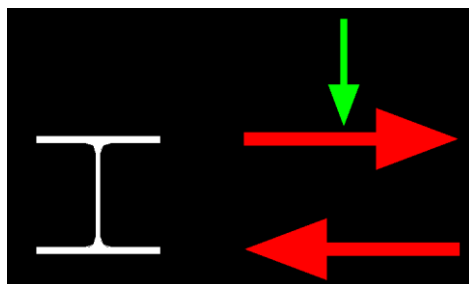


Fig.2 Sforzi in una trave a doppio T

Dalle due ali che reagiscono con due forze, indicate in rosso nel grafico, parallele alla trave, una che tira e l'altra che comprime, che contrastano il momento flettente tendente a far incurvare il doppio T, e, dall'anima che contrasta il taglio, la forza che tende a tagliare il profilo, ortogonale alla trave e indicata in verde nel grafico, figura 2.

Ragionando in termini sismici, cioè facendo variare lo sforzo da 0, dalla quiete, fino al sisma distruttivo, fino alla rottura del materiale, la forza F_{max} che tira/comprime una delle due ali, al massimo potrà raggiungere il valore pari alla tensione di rottura del materiale con cui è costruito il doppio T moltiplicato per l'area dell'ala, dopo... si rompe.

Noi vogliamo che il collegamento trave/pilastro, sollecitato dal sisma distruttivo non salti. E' la trave che si deve snervare. Si ribadisce: sisma distruttivo, non sisma di progetto.

Se salta il collegamento, la trave cade intera così come è successo nella maggioranza dei capannoni industriali costruiti in cemento armato prefabbricato in Emilia col terremoto del 2012.

Anche se le costruzioni sono in acciaio, se salta il collegamento, la trave cade intera, non si dà alla trave la possibilità di estrinsecare le proprie doti di duttilità del materiale acciaio con cui è costruita.

Conoscendo F_{max} , e conoscendo la resistenza a taglio di un bullone, possiamo calcolare il numero di bulloni che servono per effettuare il collegamento, e, questo numero di bulloni, lo possiamo ripartire arrotondandolo in eccesso, in numero di file e in numero di bulloni per ogni fila.

Apposite routine di Cj ottimizzano queste operazioni.

Poiché non vogliamo indebolire la trave con le forature, nel collegare l'ala del doppio T al pilastro, introduciamo un'altro piatto, l'ala della parte B del Nodo

Carannante (è ciò che caratterizza l'invenzione), avente lo spessore commerciale che più si avvicina allo spessore dell'ala del doppio T e una larghezza pari alla larghezza dell'ala del doppio T incrementata dall'ingombro delle forature per il posizionamento dei bulloni; larghezza dell'ala del doppio T più la somma del diametro dei fori moltiplicato per il numero di bulloni per fila.

Questa parte B, saldata in officina all'estremità della trave, sarà imbullonata in cantiere alla corrispondente parte A che andrà saldata sempre in officina, vicino al pilastro a ogni impalcato.

Naturalmente la parte A per essere imbullonata alla parte B, ha la stessa foratura della parte B.

Ripetendo questo semplice ragionamento per tutti e tre i piatti che compongono il nostro doppio T e, traslando gli accoppiamenti per avere un montaggio delle travi in cantiere con discesa dall'alto, otteniamo il Nodo Carannante.

Poiché per resistere al sisma ogni pilastro deve appartenere di regola a 2 telai piani fra loro ortogonali, la parte A del Nodo avvolge completamente il pilastro.

Per prefabbricare la struttura, il pilastro deve essere infilato nel foro.

La parte A del Nodo lo rafforza dall'esterno lungo il suo perimetro, ed assume la forma come in figura 1.

Poiché ci stiamo avvicinando all'incastro e nelle strutture intelaiate il momento flettente è crescente con picco al centro del pilastro, la forza ricavata dall'area dell'ala del doppio T la incrementiamo del 20% .

Essendo aumentata l'area dell'ala della nostra trave del 20%, anche la forza per calcolare il numero di bulloni la incrementiamo del 20%, e, per metterci in sicurezza la aumentiamo ancora di un ulteriore 20%.

Ragionando in termini sismici, sono le ali che devono opporsi agli incrementi di momento flettente dovuti al crescente moto ondulatorio che sarà innescato dal sisma e che devono essere proporzionate a completo ripristino della resistenza.

Il carico verticale invece, è pressoché costante.

Al massimo potrà essere assoggettato a un incremento del 10/30% dovuto alle scosse sussultorie.

Per questo motivo il numero di bulloni per collegare la piastra di taglio in una unica fila che però lavora in due sezioni, per praticità dello stesso diametro di quello adottato per le ali, è sempre risultato esuberante.

A completamento della parte B del Nodo Carannante è stata introdotta un'altra piastra, chiamata piastra di torsione, ortogonale alle altre tre, e che dovrà trasmettere al telaio ortogonale trasformandola in flessione, l'eventuale torsione che la trave deve scaricare sul pilastro.

Per assemblare la trave da collegare nel Nodo, il profilo a doppio T da cui siamo partiti, termina contro la piastra di torsione e va saldato in officina ad essa e alle due ali della parte B, ad entrambe le estremità.

Ci sono due configurazioni di parte B. La parte Bs, la standard che serve per travi innestate in asse e la parte Bi per travi comunque inclinate.

Nonostante le prove ufficiose presso la Federico II di Napoli abbiano sempre dato esito positivo, nell'effettuare la prima prova a rottura ufficiale presso l'università di Catania, si è avuta una rottura fragile perché sono saltati i bulloni con travi integre che non hanno estrinsecato duttilità.

Per errore sono stati inviati al laboratorio bulloni completamente filettati. Un'area resistente del 25% in meno.

Questo ci ha fatto capire l'enorme importanza del collegamento ed il fatto che il ragionamento è esatto.

Il 20% di resistenza in più per sicurezza, non è bastato ad annullare l'errore sull'area dei bulloni del 25%.

Poiché il nostro obiettivo è neutralizzare l'effetto devastante del sisma, si è deciso che è meglio prevenire anche gli eventuali errori.

L'area resistente assunta nel calcolare il numero di bulloni a taglio ora è quella dei bulloni interamente filettati.

Abbiamo visto che la modalità della realizzazione delle forature produce un incremento crescente di resistenza delle piastre forate passando da foratura col trapano, col punzone, con ossitaglio e con plasma.

Anche se il modo più pratico per realizzare le forature è la punzonatura che non produce un significativo rispetto alla asportazione del truciolo, vogliamo consentire anche la modalità di realizzazione dei fori col plasma e con l'ossitaglio perché queste tecnologie stanno diventando sempre più precise e vantaggiose.

Nelle prove ufficiali presso l'università di Catania, l'escursione massima della sovra resistenza dei provini con foro eseguito in varie modalità di esecuzione

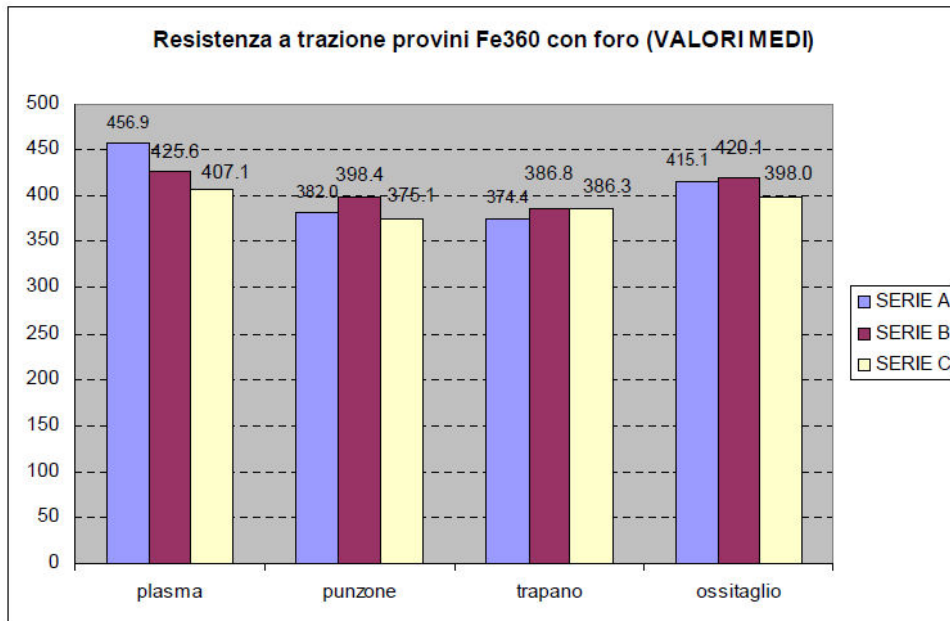


Fig.3 Resistenza a trazione di provini con varie modalità di foratura

al massimo è stata pari a $456.9/374.4=1.22$ figura 3.

Al massimo il 22%.

Nel progettare la bullonatura rispetto alla resistenza dell'ala del doppioT assumiamo una prima sovra resistenza pari al 20% perché la bullonatura sta più vicina all'incastro; abbiamo cambiato l'ala del nostro doppioT. Ora la sezione resistente su cui stiamo ragionando non è più l'ala del doppio T ma è quella al centro della bullonatura in corrispondenza di una fila di bulloni della parteB del Nodo Carannante. Ala del doppioT incrementata del 20%.

Adottando come area resistente quella dei bulloni interamente filettati, per calcolare il valore di F_{max} , a questa resistenza aggiungiamo, per prevenire un eventuale aumento di resistenza delle piastre, un ulteriore incremento di resistenza del 30% invece del 22%, e ancora del 20% in più per sicurezza. A parità di qualità, la resistenza può variare anche per diverse colate del materiale ferroso; c'è sempre un minimo e un massimo in cui potrà oscillare la resistenza vera rispetto a quella nominale.

Ricapitolando, area resistente dei Bulloni interamente filettati = $areaAla * (Resistenza\ a\ rottura\ del\ materiale\ Trave) * 1.2 * 1.3 * 1.2$ diviso la resistenza a taglio di tutti i Bulloni.

Per facilitare il montaggio, l'ala della parte A superiore del Nodo Carannante è più piccola rispetto a quella inferiore. E' opportuno realizzarla con uno spessore maggiorato per eguagliare l'area dell'ala superiore a quella inferiore?

Anche se il momento sollecitante nelle prove a rottura è stato incrementato in modo lineare, così come lo è l'incremento del solo sisma, mentre nella struttura reale sarà parabolico o semi parabolico per la presenza anche dei carichi verticali, si è deciso di non aumentare lo spessore dell'ala superiore della parte A perché la parte dissipativa sotto sisma distruttivo deve essere quanto più ampia possibile.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE

Le prove di laboratorio sono state effettuate presso il Laboratorio di Prove su Materiali e Strutture del Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale dell'Università di Catania. La prova su struttura al vero è stata effettuata dal personale del DICA recatosi in trasferta nel Comune di Bacoli. Le prove di laboratorio, spinte fino a deformazioni molto elevate, hanno confermato la grande duttilità del collegamento (ampi tratti di scorrimento plastico sotto carico praticamente costante o con modesto incrudimento). Questa grande capacità deformativa è fornita da deformazioni plastiche che sembrano interessare più i piatti della parte B che non l'estremo di trave collegato alla parte B. No-

Sarebbe meglio se la parte dissipativa, oltre a interessare la trave a doppio T, interessasse anche l'intero Nodo Carannante; parte A e parte B.

Le travi per strutture di solo acciaio si progettano quasi sempre esuberanti per motivi di deformabilità orizzontale allo SLD.

Poi per favorire il formarsi delle cerniere plastiche sono strozzate in prossimità dei pilastri. Si toglie materiale acciaio proprio dove serve duttilità. Se il doppio T è annegato nelle travi composte in c.a. NO! si sfrutta tutto il materiale acciaio.

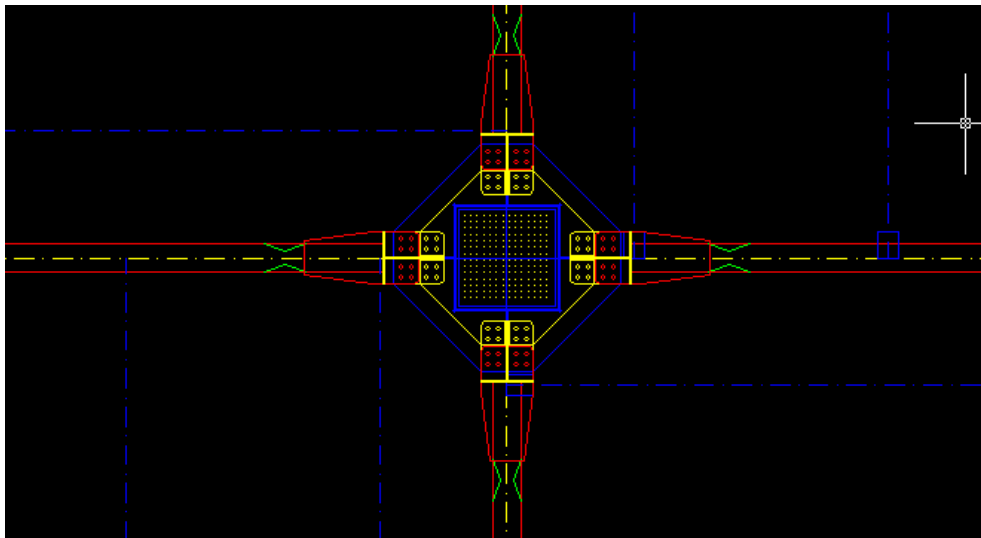


Fig.4 Porzione di carpenteria.dxf restituita dal software Cj

Non conviene aumentare lo spessore dell'ala superiore della parte A del Nodo perché di solito la larghezza della parte A vicino al pilastro è più che tripla rispetto all'ala della trave, vedi figura 4, e il momento flettente per sisma di progetto a filo pilastro, è meno del doppio rispetto al valore max che assume nelle zone dissipative indicate con la farfallina in rosso nella figura 5.

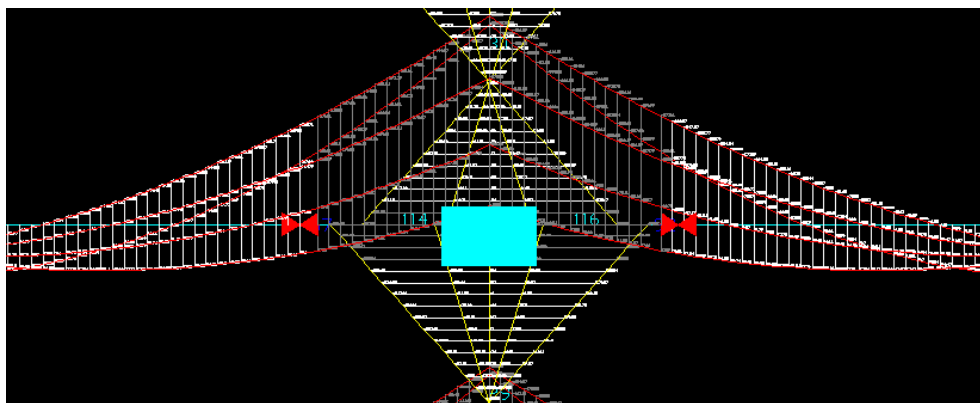


Fig.5 Involuppo dei diagrammi dei momenti.dxf restituiti dal software Cj

Il rettangolo di colore ciano indica l'ingombro reale della larghezza del pilastro e dell'altezza delle travi nel piano del telaio.

Il Nodo Carannante, è definito *just in time* dal software Cj per qualsiasi accoppiamento trave/pilastro scelto dal Progettista della struttura nel modo appena descritto, mentre la sta definendo.

Il definitiva, per ottenere una rottura duttile, che non fa andare in crisi la bullonatura e che fa piegare le travi in acciaio sotto l'azione del sisma distruttivo, la resistenza a taglio dei bulloni interamente filettati dei Nodi Carannante è proporzionata con un incremento del 20% + 30% + 20% in più rispetto alla resistenza dell'ala del doppio T collegato.

Per la gerarchia delle resistenze, il pilastro non deve cedere, deve avere una resistenza superiore; flessionale in assenza di controventi o assiale in presenza di controventi.

In ogni caso, anche in presenza di controventi che entreranno in gioco solo sotto carichi orizzontali, in quiete, travi incastrate rispetto a quelle incernierate comportano sempre travi più piccole e pilastri più grandi. Per poter creare l'incastro, il pilastro, deve essere più grande.