

PROGETTO DI UNA TRAVE PRESOLLECITATA DI LUCE 12 METRI IN SISTEMA MISTO VETRO - ACCIAIO

RELATORI: Prof. Ing. Maurizio Froli, Dr. Ing. Gerardo Masiello (Libero Professionista, Pisa)

TESISTA: Vincenzo Mamone

SOMMARIO

Il crescente desiderio di smaterializzazione e di trasparenza dell'involucro edilizio ha portato alla fine del secolo scorso alla realizzazione dei primi esempi di travi, pilastri e pareti in vetro, dimostrando la possibilità di un impiego sicuro del vetro quale materiale da costruzione.

Ciò ha innescato un crescente interesse verso il vetro strutturale ma soprattutto il superamento della paura nell'utilizzare il vetro nelle realizzazioni di elementi portanti a causa del suo comportamento fragile e della sua trascurabile resistenza a trazione.

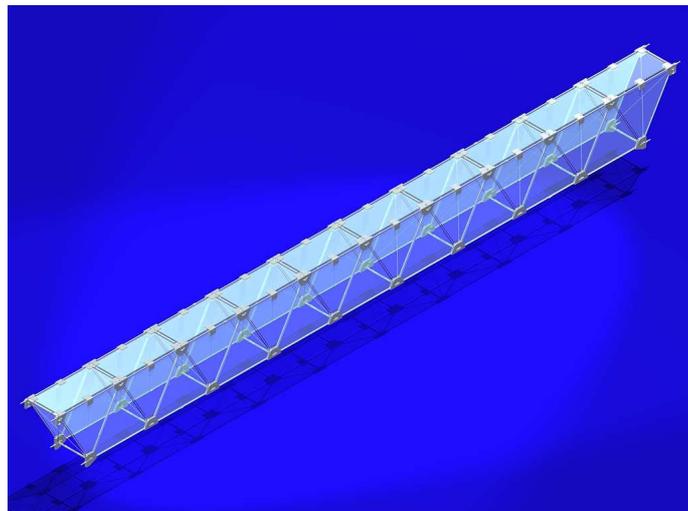


Figura 1: Vista assonometrica

In questo contesto si inserisce la tesi di Laurea che ha avuto come oggetto lo sviluppo, la modellazione e la progettazione di una trave presollecitata della lunghezza di 12 metri in sistema misto vetro-acciaio.

La trave, la cui tipologia è stata definita TVT - *Trave Vitrea Tensegrity* è ispirata e progettata in accordo ai requisiti richiesti ad un elemento strutturale in vetro di grandi dimensioni:

- elevata trasparenza,
- leggerezza,
- modularità,
- ottimizzazione nell'impiego dei materiali,
- standardizzazione,
- progettazione *fail-safe*,

- duttilità,
- semplicità di assemblaggio e di messa in opera.

L'idea di base consiste nell'anticipare ed evitare ogni possibile meccanismo di crisi del vetro mediante l'assemblaggio di elementi in vetro di dimensioni contenute tenuti insieme e precompressi da un sistema di tiranti in acciaio opportunamente pretesi

La trave è ottenuta dall'unione di elementi in vetro aventi forma triangolare e rettangolare precompressi mediante un sistema di barre in acciaio pretese che realizza una trave presollecitata in cui il vetro lavora esclusivamente a compressione e l'acciaio esclusivamente a trazione.

In termini di sicurezza la trave soddisfa i due principi alla base della progettazione *fail-safe*, la gerarchia e la ridondanza strutturale.

La gerarchia strutturale è ottenuta progettando gli elementi in vetro e in acciaio in modo che lo snervamento dell'acciaio preceda sempre la rottura del vetro al fine di garantire il comportamento duttile della trave.

La ridondanza strutturale è ottenuta utilizzando pannelli di vetro stratificati, composti da due lastre di spessore 10mm di vetro indurito termicamente - HS con interposto interlayer polimerico - PVB di spessore 1.52mm che assicura in caso di rottura del vetro capacità portante post-critica.

La trave ha una luce di 12000mm ed una altezza misurata tra i baricentri delle barre longitudinali superiori ed inferiori è pari a 1039mm, i due piani verticali paralleli che contengono le lastre triangolari presentano un interasse di 600mm, la trave è chiusa superiormente da pannelli in vetro rettangolare disposti orizzontalmente mentre è aperta inferiormente.

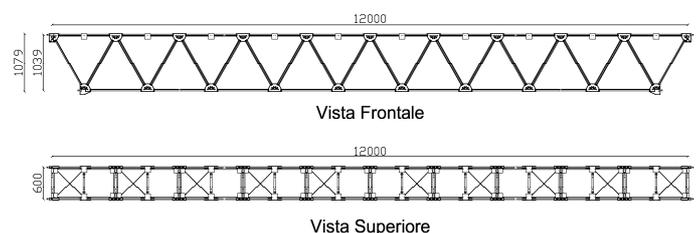


Figura 2: Geometria

Ogni piano verticale vetrato è formato da 19 pannelli triangolari equilateri di lato 1128mm, da 21 nodi metallici disposti in corrispondenza dei vertici dei pannelli triangolari, da 20 barre diagonali e da 6 barre longitudinali.

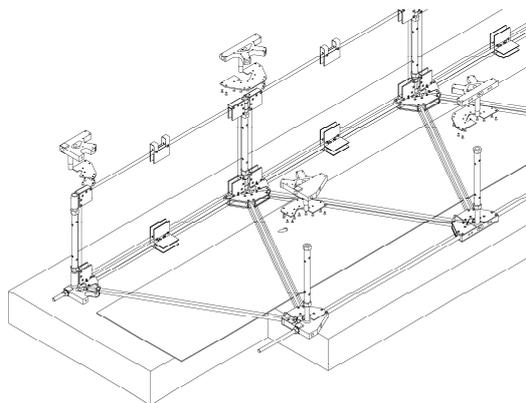


Figura 3: Operazioni di assemblaggio

Tutti i nodi di ogni piano verticale sono collegati ai corrispondenti nodi dell'altro piano verticale mediante dei profilati cavi a sezione circolare.

Superiormente la trave è chiusa da 10 pannelli rettangolari di dimensione 1126x524mm, incernierati in corrispondenza dei vertici ai nodi, e collegati in corrispondenza del loro lato maggiore ai pannelli triangolari.

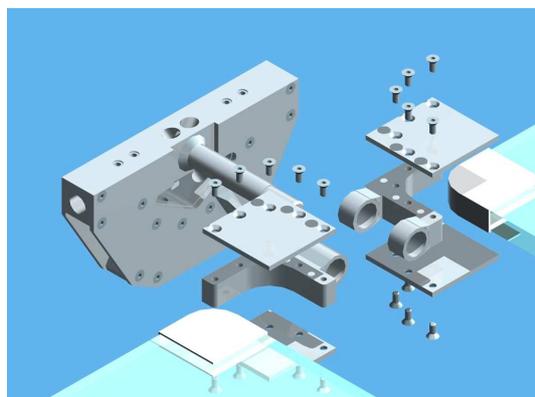


Figura 4: Nodo intermedio superiore

Il sistema di precompressione è formato da un sistema di barre in acciaio aventi diametro di 18mm, 16mm e 14mm. Un sistema di irrigidimento trasversale a croce di sant'Andrea formato da barre d'acciaio di diametro 6mm fornisce rigidità torsionale alla trave, rigidità necessaria soprattutto in fase di sollevamento, movimentazione e messa in opera.

L'analisi del comportamento meccanico e le verifiche della trave e dei suoi componenti sono state effettuate mediante modellazione agli Elementi Finiti, sono stati realizzati modelli numerici locali e globali, sono state effettuate analisi numeriche non lineari considerando le non linearità geometriche e dei vincoli e le possibili imperfezioni geometriche iniziali.

I modelli numerici locali sono stati realizzati al fine di studiare il comportamento dei pannelli in vetro ed al fine di dimensionare lo spessore delle lastre.

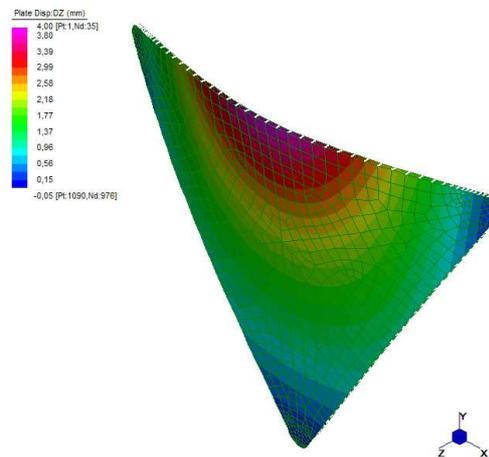


Figura 5: Pannello Triangolare

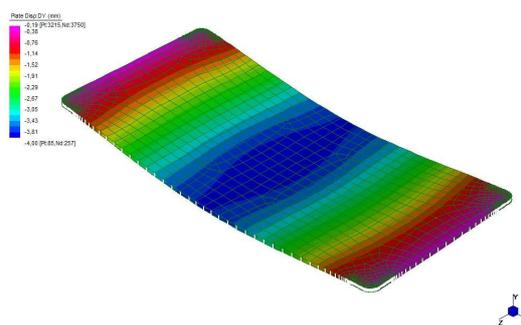


Figura 6: Pannello Rettangolare

I modelli numerici globali sono stati realizzati per valutare il comportamento meccanico effettivo della trave, l'influenza dell'entità della presollecitazione e l'influenza delle possibili imperfezioni geometriche.

Sono state considerate sia le imperfezioni geometriche locali dei singoli pannelli pari a 1/300 del lato, ovvero un difetto di planarità di 4mm; sia l'imperfezione geometrica globale della trave pari ad una deformazione orizzontale in mezz'era di 1/300 la lunghezza della trave, ovvero 40mm.

Per le analisi numeriche globali è stato considerato uno schema statico di trave semplicemente appoggiata con carico di esercizio verticale agente su tutti i nodi metallici superiori della trave.

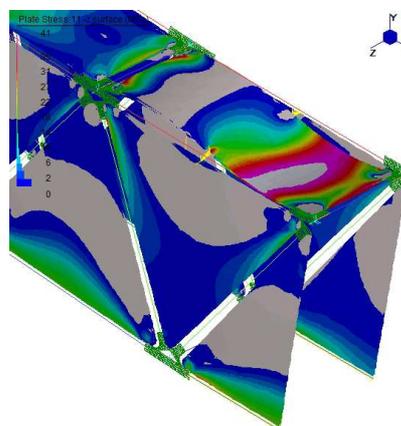


Figura 7: Crisi per instabilità del pannello rettangolare

I risultati hanno evidenziato un comportamento meccanico indipendente dal valore dell'entità della

presollecitazione applicata e dalla presenza delle imperfezioni geometriche.

La presollecitazione influenza soltanto la deformabilità della trave, il comportamento in esercizio e non la sua capacità portante.

Al crescere del carico verticale di esercizio si osservano:

1. Decompressione del vetro, carico di esercizio per nodo $F= 2\text{kN}$, carico di esercizio su tutta la trave $F_{\text{tot}}= 40\text{kN}$;
2. Snervamento dell'acciaio, carico di esercizio per nodo $F= 6\text{kN}$, carico di esercizio su tutta la trave $F_{\text{tot}}= 120\text{kN}$, a cui corrisponde un abbassamento in mezzeria $\delta= 25\text{mm}$;
3. Collasso, carico di esercizio per nodo $F= 6.8\text{kN}$, carico di esercizio su tutta la trave $F_{\text{tot}}= 136\text{kN}$.

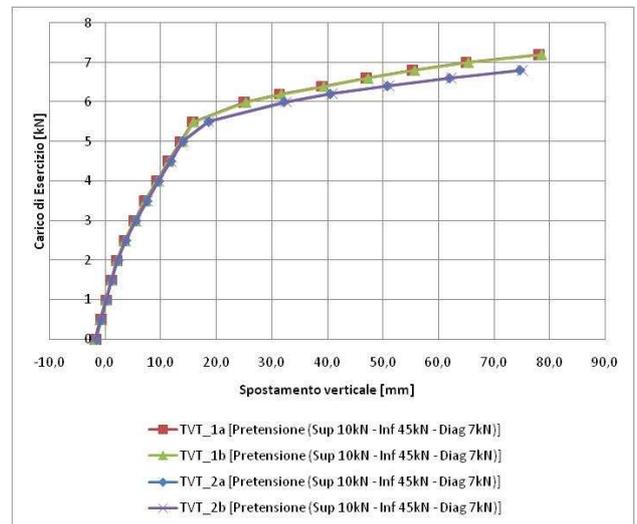


Figura 8: Carico-abbassamento in mezzeria