

ASSOCIAZIONE TEATRO STABILE DELLA CITTA' DI NAPOLI



LAVORI DI MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA DI ADEGUAMENTO ANTINCENDIO ED IMPIANTI DI SICUREZZA DEL TEATRO MERCADANTE DI NAPOLI IN PIAZZA MUNICIPIO 1

PROGETTO ESECUTIVO

DATA:

GIUGNO 2017

SCALA:

-

INTERVENTO VELARIO RELAZIONE TECNICA

Rv

COMMITTENTE:



Associazione Teatro Stabile
della Città di Napoli
Piazza Francese, 46
80133 Napoli
P.IVA 04489811218

PROGETTISTI:



Ecotecnica s.r.l. Unipersonale
Via Merliani, 20
80127 - Napoli
P.IVA 07965180636

dott. geom. Folco Solimene

ing. Carlo Gardini



1. Premessa

Nella presente relazione vengono descritte le lavorazioni e le prescrizioni operative occorrenti per la posa del controsoffitto a membrana EI120 del Velario del Teatro Mercadante in Napoli, con la valutazione della resistenza del solaio su cui dovranno essere poste le opere provvisorie necessarie.

2. Normativa Di Riferimento

Nella progettazione delle strutture in oggetto si sono considerate le seguenti norme:

- D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" e relativa circolare n°617 del 2009;
- Circolare del C.S.LL.PP.n°617 del 2009;
- Norma UNI-EN 1993-1-2 Luglio 2005 Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio

3. Materiali

Per le strutture esistenti la valutazione della resistenza viene eseguita in funzione delle informazioni disponibili (o reperibili) relativamente a:

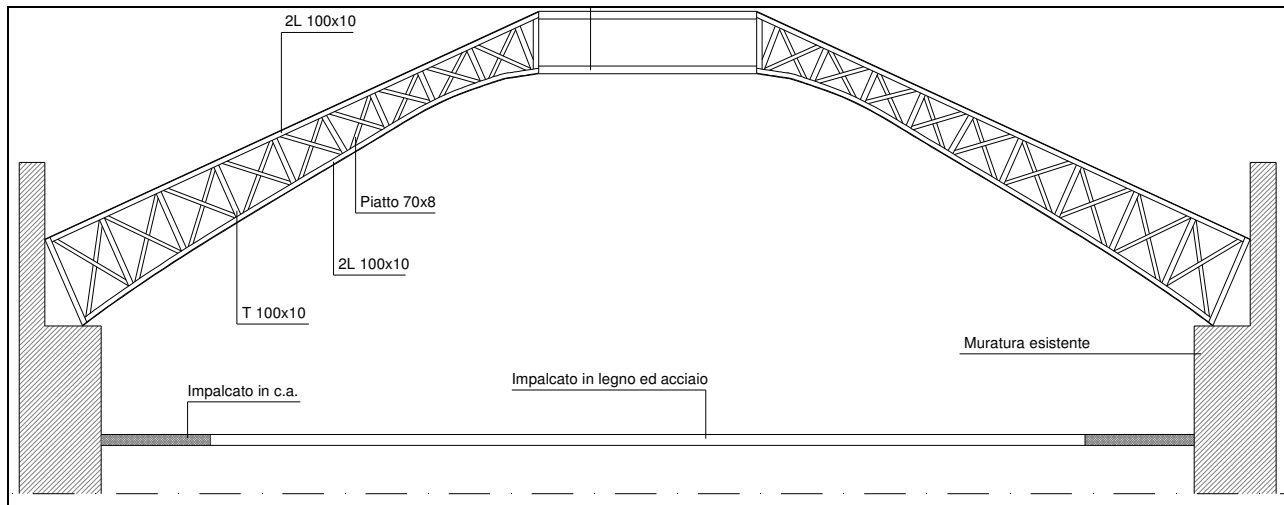
- geometria della struttura
- dettagli costruttivi
- proprietà dei materiali

che definiscono il Livello di Conoscenza "**LC**" ed il relativo fattore di Confidenza "**FC**" del fabbricato, così come indicato in Tabella C8A.1.1 della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 617 del 02.02.2009.

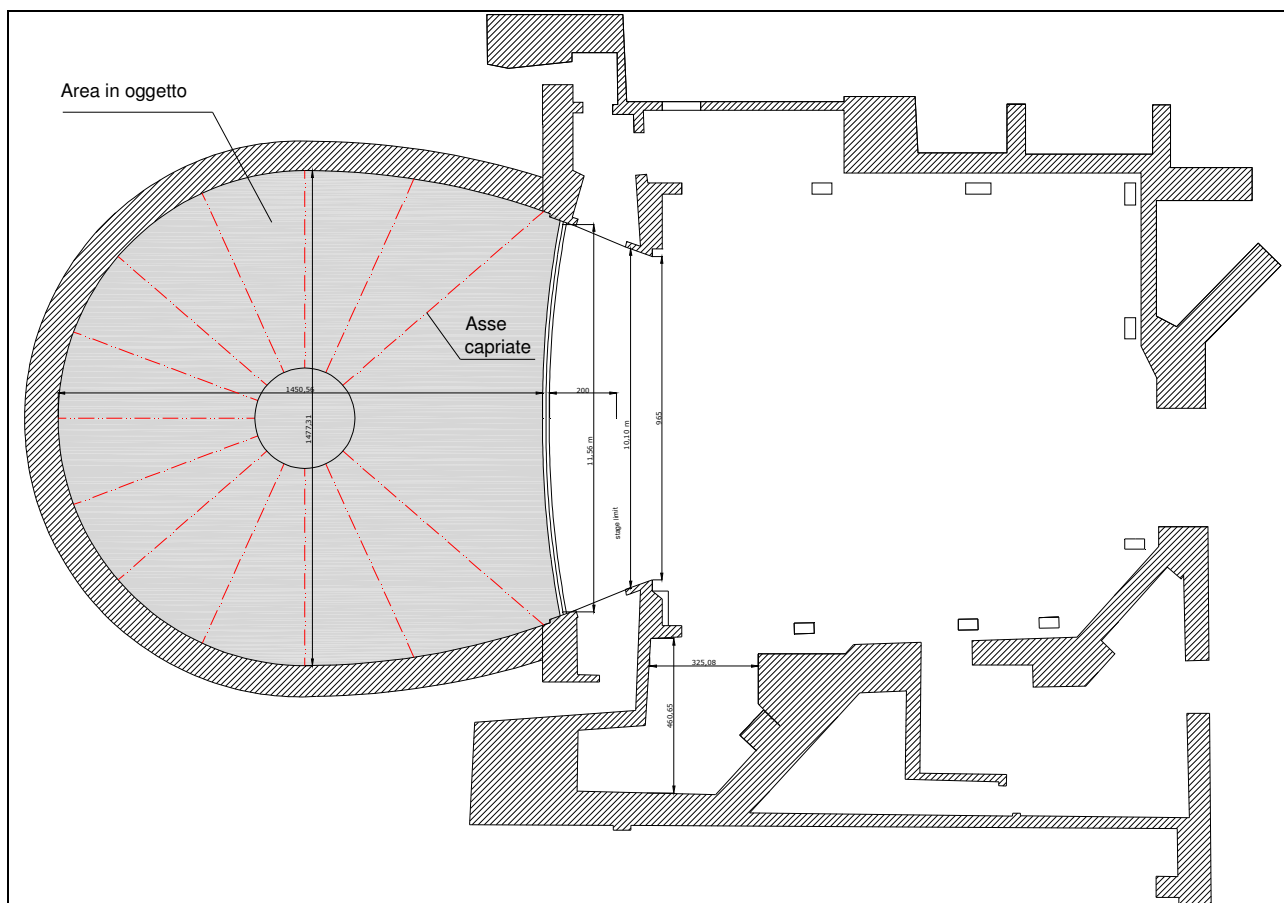
Nello specifico caso in esame si è ottenuto un livello di conoscenza **LC = 1** a cui corrisponde un **FC = 1,35**.

Acciaio per carpenteria metallica S235

- Modulo elastico.....210000 daN / cm²
- Coefficiente di Poisson 0,30
- Tensione caratteristica di rottura $f_{tk} = 3600$ daN/cm²
- Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 2350$ daN/cm²



Schema delle capriate: Sezione



Schema delle capriate: Pianta

4. Analisi dei carichi e combinazione dei carichi

4.1. Combinazione dei carichi agli Stati Limite

Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni. Per la sicurezza strutturale, la resistenza dei materiali e le azioni, sono rappresentate dai valori caratteristici, R_k e F_k definiti, rispettivamente, come il frattile inferiore delle resistenze e il frattile (superiore o inferiore) delle azioni che minimizzano la sicurezza. In genere, i frattili sono assunti pari al 5%. La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

Dove:

R_d è la resistenza di progetto dei materiali

E_d è il valore di progetto delle azioni.

Ai fini delle verifiche con il metodo degli stati limite la norma definisce le seguenti combinazioni delle azioni in condizioni statiche:

Stato limite ultimo

$$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_{Q1}Q_{k1} + \gamma_{Q2}\Psi_{02}Q_{k2} + \gamma_{Q3}\Psi_{03}Q_{k3} + \dots;$$

In presenza di azioni eccezionali comprendente anche gli effetti dovuti all'incendio (A_d) si applica la combinazione:

$$A_d + G_1 + G_2 + \Psi_{21}Q_{k1} + \Psi_{22}Q_{k2} + \dots;$$

dove A_d rappresenta l'azione eccezionale corrispondente allo stato limite di riferimento (SLV o SLD).

Le grandezze G_1 , G_2 e Q_{ki} sono rispettivamente il peso proprio di tutti gli elementi strutturali, il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali e le azioni sulla struttura di lunga e breve durata. I coefficienti γ_G e γ_Q rappresentano i coefficienti parziali (definiti nella tabella 2.6.1 delle NTC), mentre i coefficienti Ψ_{0j} , Ψ_{1j} e Ψ_{2j} sono i coefficienti di combinazione delle azioni variabili (tabella 2.5.1).

Tabella 2.6.1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

4.2. Analisi dei carichi

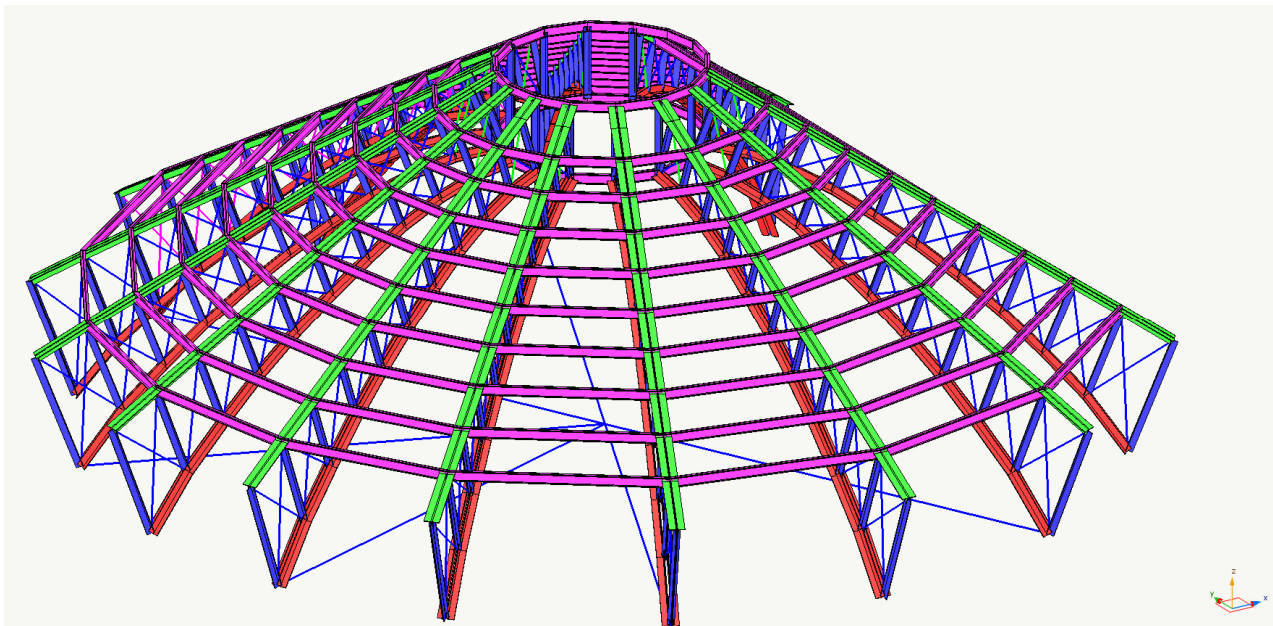
L'analisi dei carichi elementari agenti sulla copertura fornisce:

- Peso proprio acciaio.....7890 daN/m³
- Tavolato in legno (sp=4cm).....40 daN/m²
- Massetto + Isolante (sp=10cm).....20 daN/m²
- Manto in coppi.....70 daN/m²
- Neve.....50 daN/m²
- Controsoffitto EI-12020 daN/m²

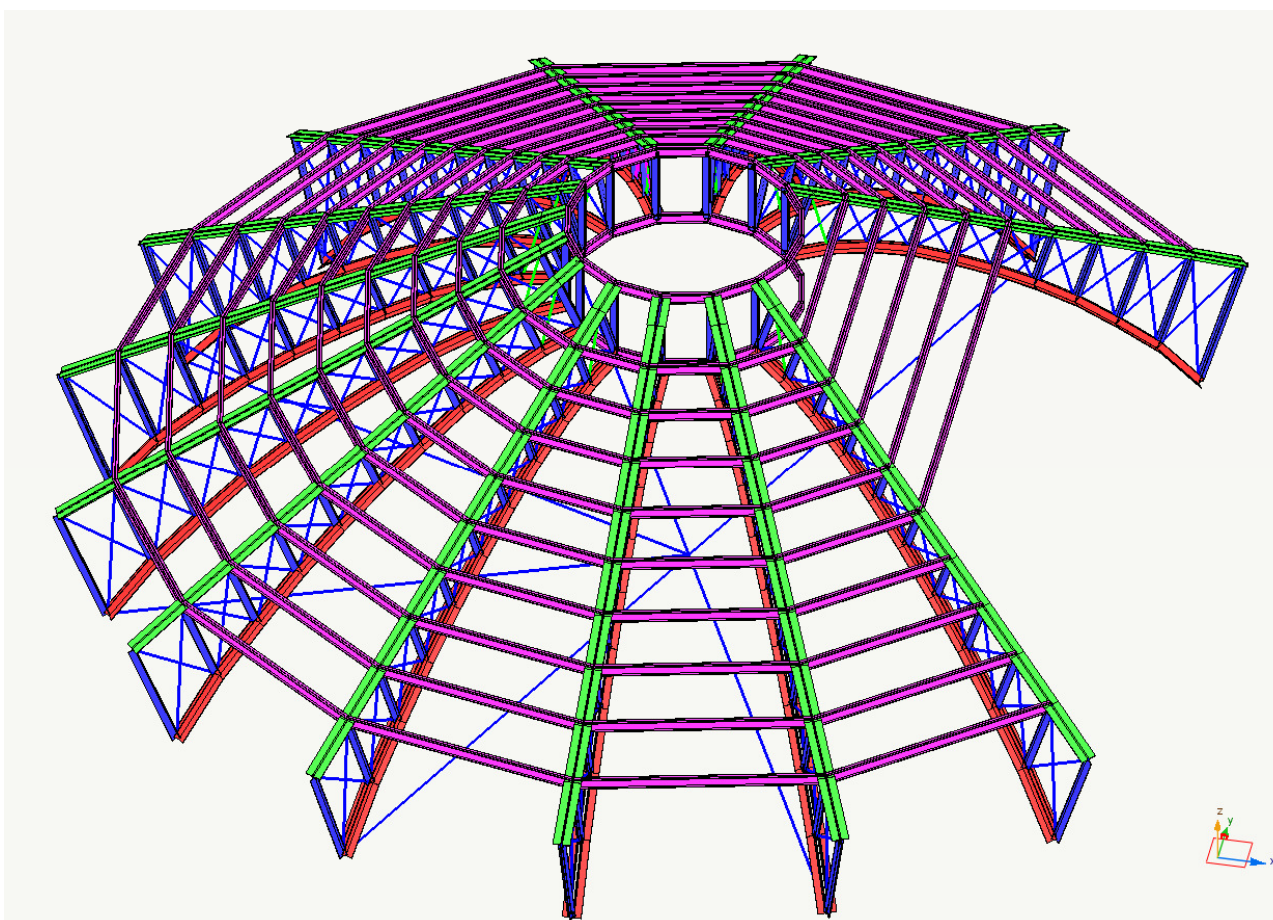
5. Modello di calcolo

Il calcolo e la verifica degli elementi strutturali in oggetto della presente relazione è stato condotto con una modellazione di calcolo agli elementi finiti. In particolare per il calcolo delle sollecitazioni più gravose elemento per elemento è stata effettuata una modellazione di tipo spaziale con elementi nodi ed elementi asta utilizzando il programma NOLIAN della Softing srl.

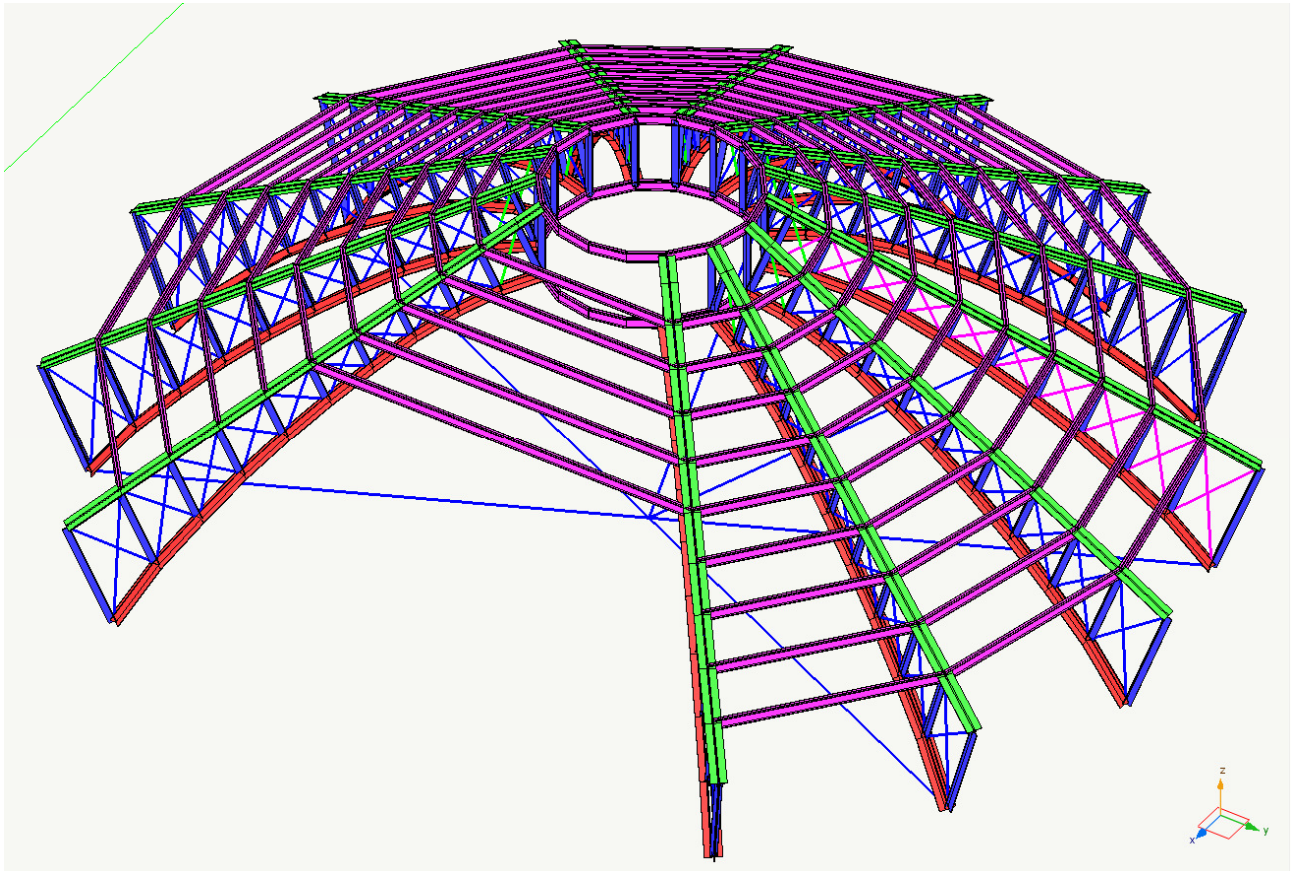
Le caratteristiche degli elementi sono descritte riferendosi ad un sistema di riferimento proprio di ciascun elemento detto "sistema di riferimento locale". Il sistema di riferimento locale è un sistema di coordinate ortogonali destrorso. Si assume come asse X locale l'asse longitudinale dell'elemento e cioè quello che passa per i due nodi di estremità dell'elemento. Per gli altri due assi dell'elemento si assumono gli assi principali di inerzia della sezione trasversale dell'elemento.



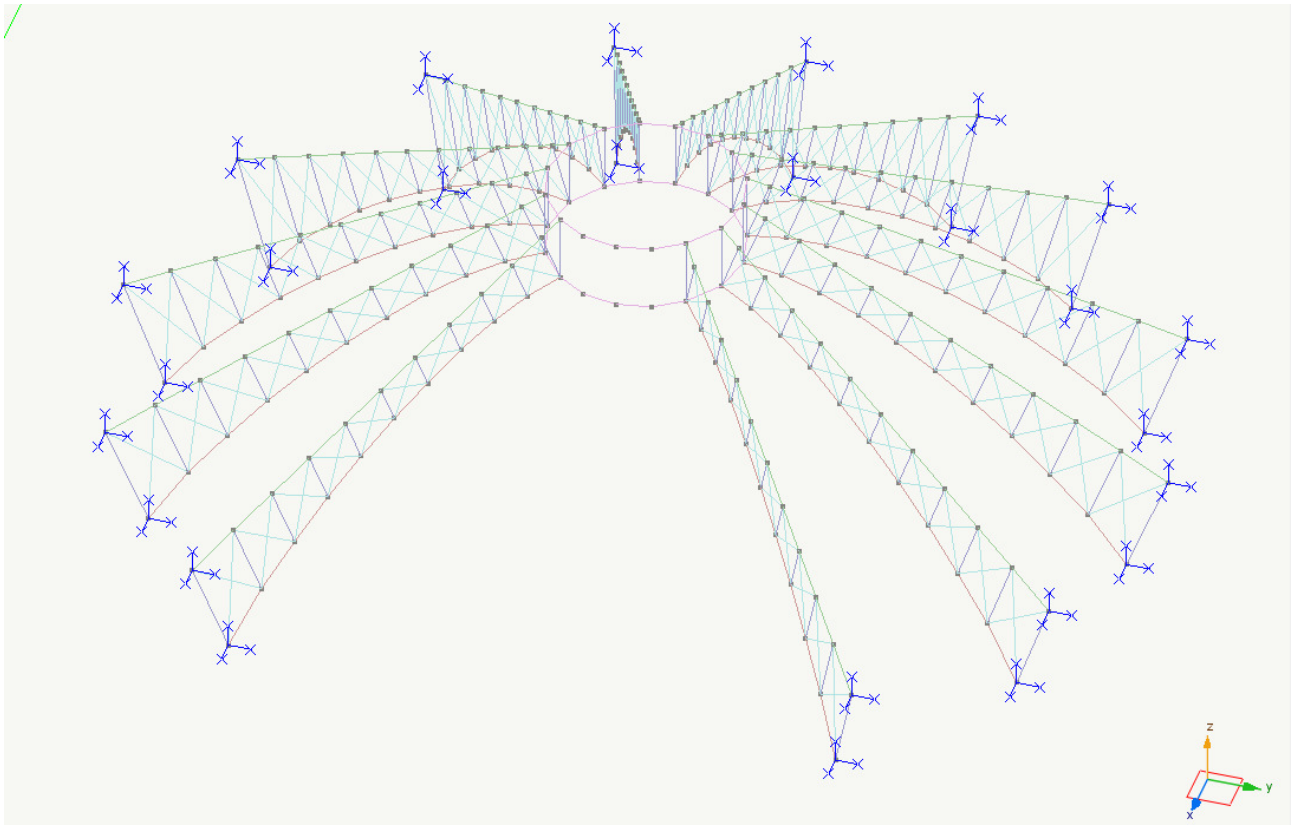
Vista del modello di calcolo



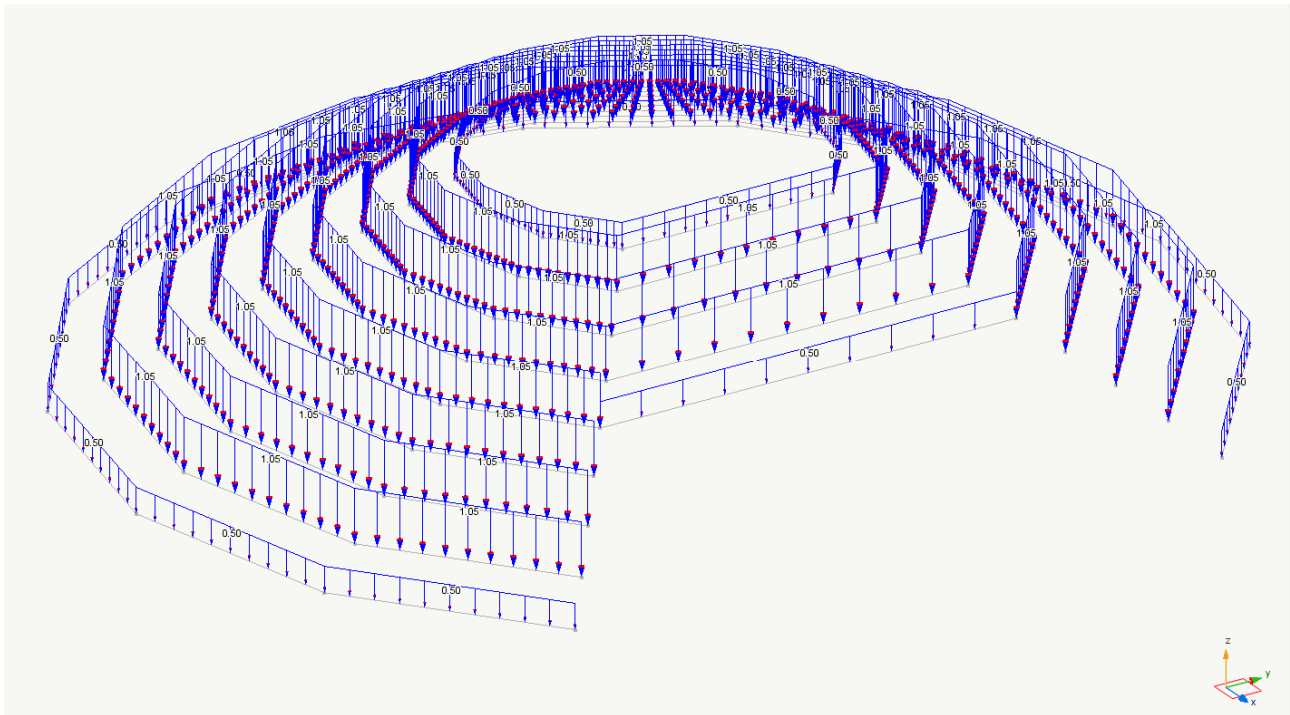
Vista del modello di calcolo



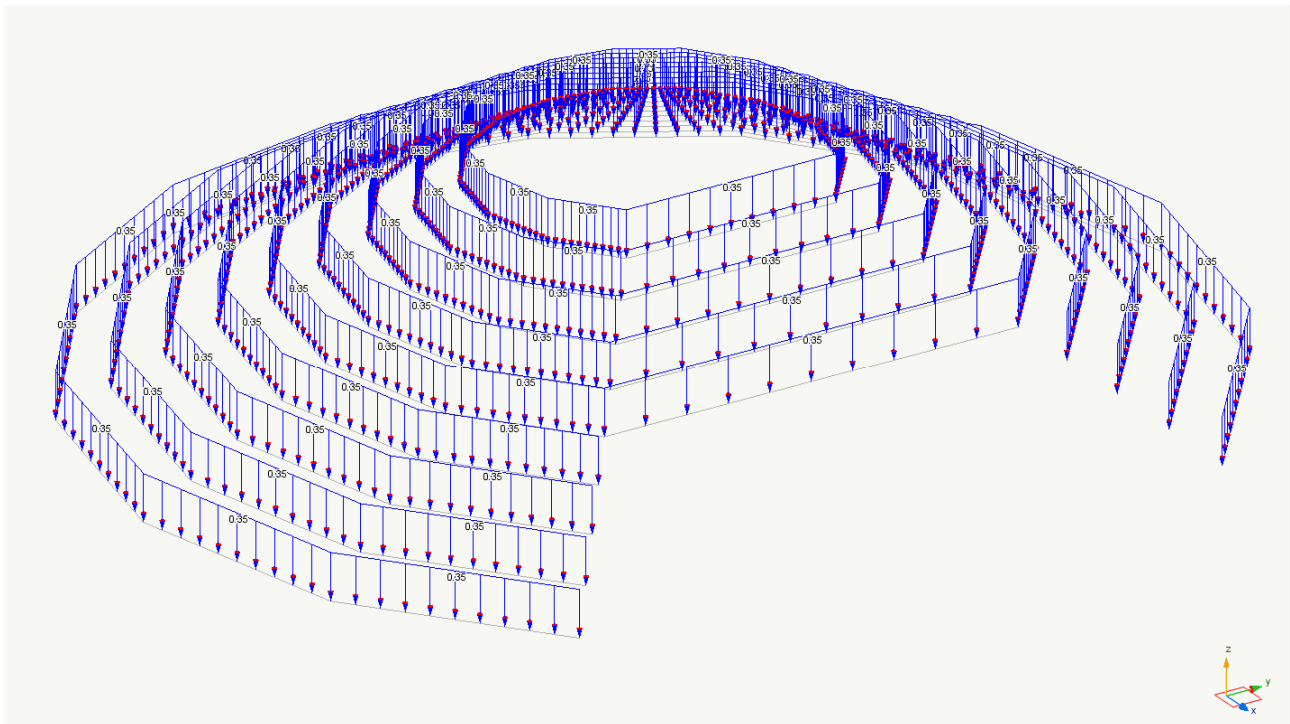
Vista del modello di calcolo



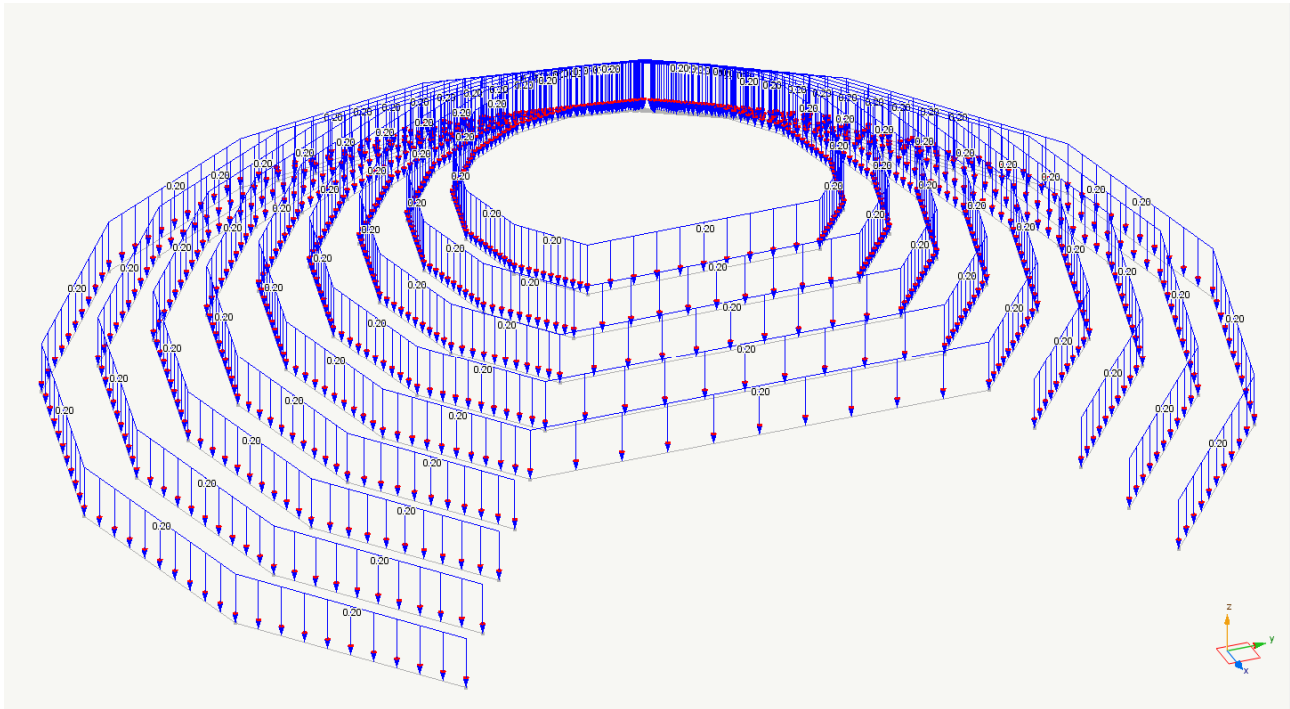
Vista del modello di calcolo: Schema dei vincoli



Vista del modello di calcolo: Schema dei carichi – Carichi Fissi



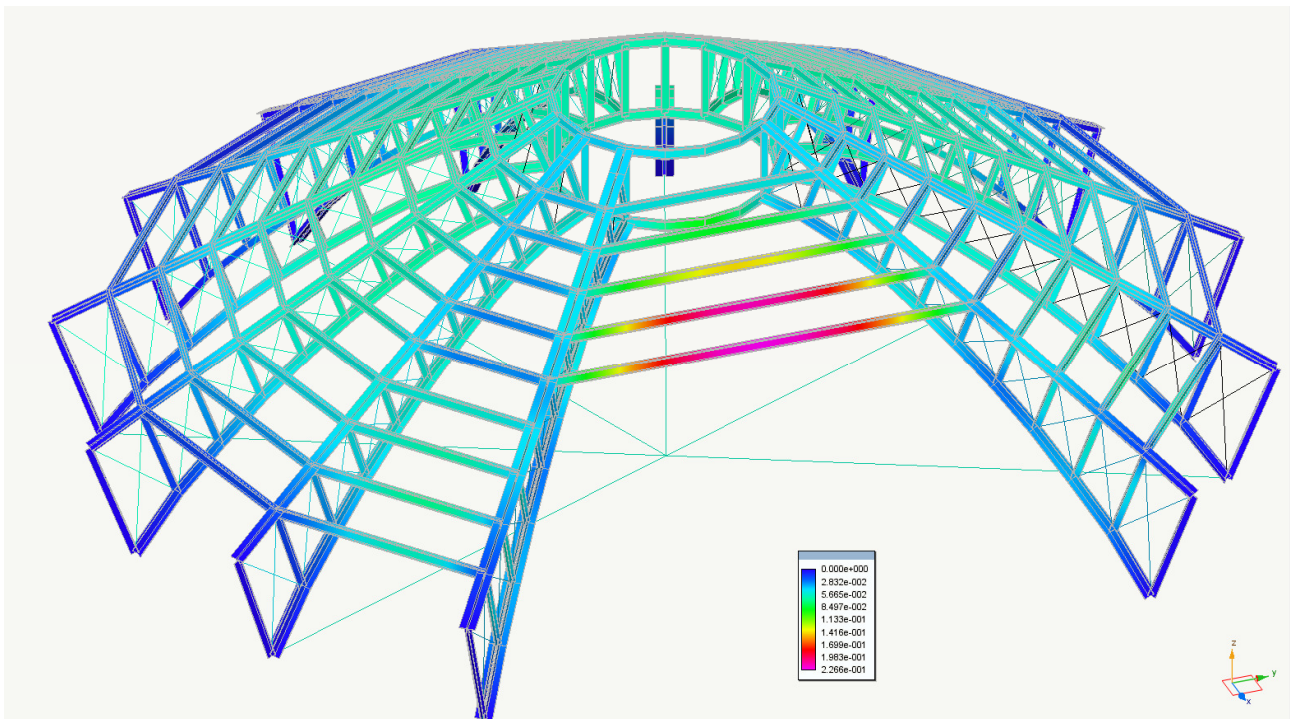
Vista del modello di calcolo: Schema dei carichi – Carichi da Neve



Vista del modello di calcolo: Schema dei carichi – Controsoffitto

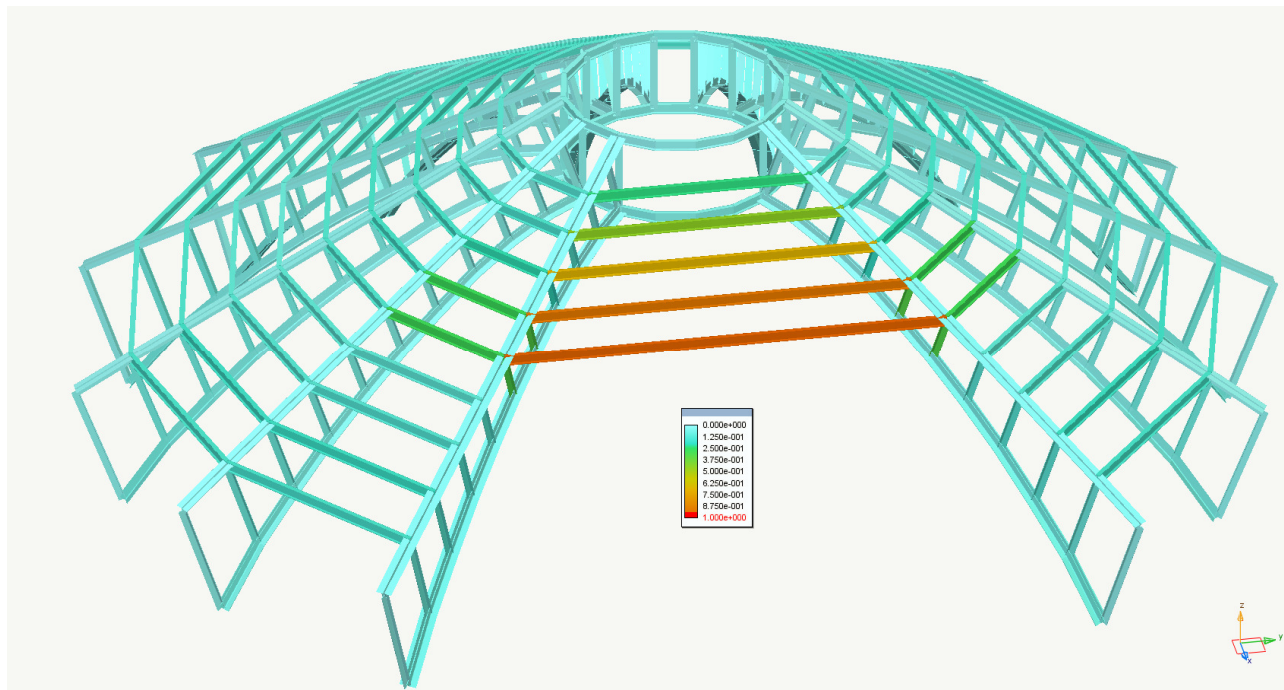
La verifica degli elementi costituenti la struttura della capriata è stata condotta agli Stati Limite considerando la combinazione di carico per eventi eccezionali.

Il calcolo fornisce i seguenti valori riportati per semplicità in forma grafica:



Deformazione

La massima deformazione calcolata allo SLE vale 0,226 cm, compatibile con la domanda richiesta alla struttura.



Resistenza Assiale-Flessionale

Si riporta di seguito il tabulato di calcolo relativo all'elemento più sollecitato:

Criteri di resistenza degli elementi														
Elemento	classe	Resistenza					Instabilità					Sismica		
		presso fless.	Cmb	a taglio Y	Cmb	a taglio Z	Cmb	instab. fless.	Cmb	inst. tors.	Cmb	inst. taglio	Cmb	assiale
56	1	4.71	1	>10	2	>10	1	1.11	1	1.00	1	>10	2	>10
Minimo fattore di sicurezza:		1.002064	≥ 1.00											

In questa tabella vengono riportati i valori dei coefficienti di sicurezza per tutte le verifiche condotte sulla membratura **Elemento** con profilo di **Classe 1**

Le verifiche effettuate sono di resistenza: **presso-fless.** verifica di resistenza per azione assiale e flessionale biassiale; **a taglio** verifica di resistenza a taglio per i piani locali **yy** e **zz**; e di instabilità: **inst. fless.** verifica di instabilità a presso flessione biassiale; **inst. tors.** verifica di instabilità laterale e torsionale; **inst. taglio** verifica di instabilità a taglio.

Per ogni verifica vengono riportati il fattore di sicurezza più sfavorevole e l'indice della combinazione delle azioni cui si riferisce. I fattori di sicurezza superiori a 10.0 vengono scritti nella forma >10 per evitare numeri inutilmente lunghi mentre i fattori inferiori a quelli limite vengono scritti in colore rosso.

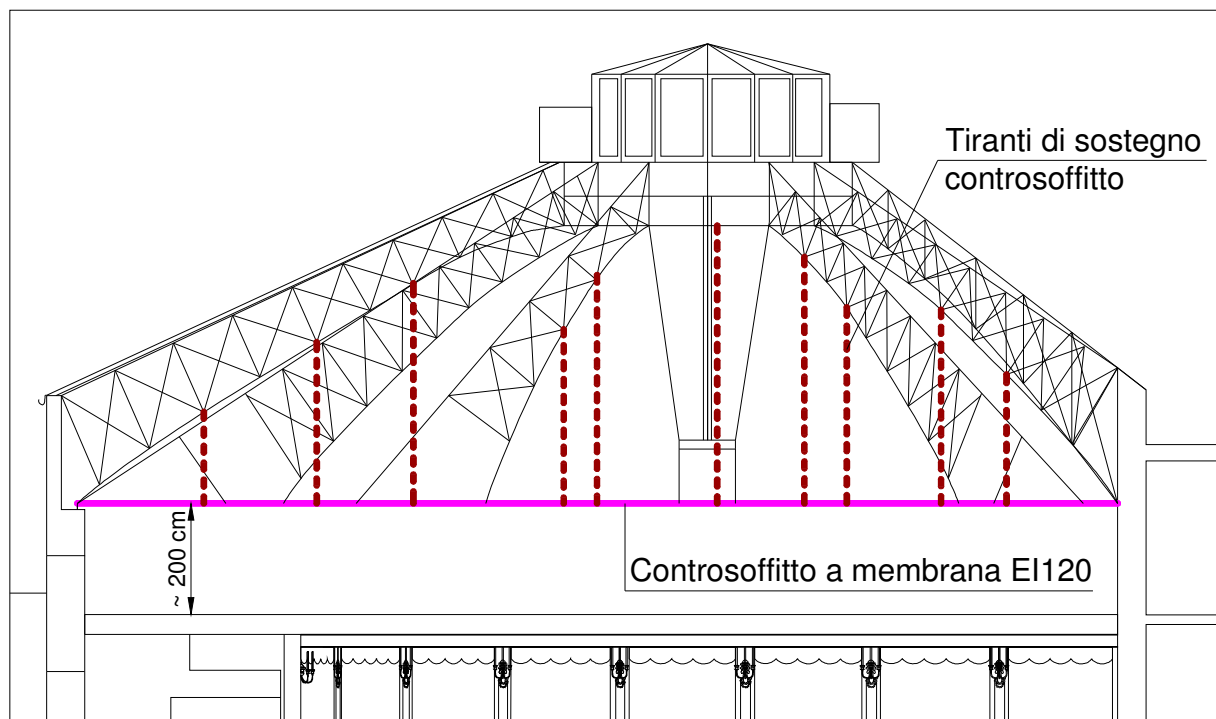
La colonna **Assiale** è la verifica a sola compressione che per azioni sismiche ha particolari restrizioni per le travi (minimo fattore sicurezza 6.66).

La colonna **Omega** riporta il valore definito dalla normativa (paragrafo 7.5.4.2) come il minimo valore tra gli $\omega_i = M_{pl,Rd,i} / M_{Ed,i}$ di tutte le travi in cui si attende la formazione di cerniere plastiche, essendo $M_{Ed,i}$ il momento flettente di progetto della i-esima trave in condizioni sismiche e $M_{pl,Rd,i}$ il corrispondente momento plastico. Viene esposto il valore di omega già moltiplicato per 1,1 γ_{Rd}.

l'intensità delle azioni, in caso di verifica per azioni sismiche, è incrementata nei pilastri di ω₁ 1,1 γ_{Rd}.

In caso di verifiche non supportate o non pertinenti per un dato tipo di profilo (ad esempio profili accoppiati) viene riportata la dicitura **NC** (Non Calcolato). Ciò non indica che la verifica non sia superata.

Per i parametri impiegati nelle verifiche si vedano le successive tabelle.



6. Descrizione impalcato velario

La struttura portante del velario è costituita da travi IPE100 sostenute da tiranti metallici ancorati alle capriate della copertura che partendo dalla muratura perimetrale dell'edificio convergono verso il centro dell'impalcato dove è presente una piastra metallica 100x10 di forma circolare (diametro pari a circa 550 cm) a cui sono fissate le teste delle IPE100.

L'estradosso del velario è costituito da un tavolato in legno dello spessore di 2 cm, fissato con viti metalliche a murali in legno da 7 cm. posti al di sopra delle IPE100.



Trave IPE100 con tirante metallico e tavolato



Particolare attacco IPE100 con piastra circolare

7. Verifica impalcato velario

Il soffitto della platea, affrescato è portato da un complesso sistema di tiranti in acciaio ed arcarecci in legno che sono ancorati ad una orditura principale di travi in legno di sezione quadrata 10x10 cm.

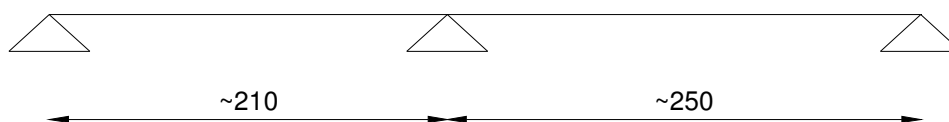
Le travi in legno poggiano in più punti su di una struttura in acciaio realizzata mediante travi IPE100 poste a interasse variabile, ancorate da un lato alla soletta in c.a. perimetrale e dall'altro ad una piastra 100x10 di forma circolare con diametro pari a 5,40m. Le travi in acciaio sono inoltre tirantate alla copertura superiore mediante pendoli $\varnothing 16$ in due punti.

La verifica della copertura a volta superiore è stata effettuata nel paragrafo 4, lo scopo in questo paragrafo è verificare le sollecitazioni e le deformazioni massime dell'impalcato durante la fase di esecuzione delle lavorazioni di messa in sicurezza antincendio.

L'analisi dei carichi elementari agenti sulla copertura fornisce:

- Peso proprio travi acciaio (IPE100) 8,1 daN/m
- Travi in legno (10x10 cm) 10 daN/m
- Tavolato in legno (sp=4cm) 40 daN/m²
- Incidenza struttura affresco 50 daN/m²
- Carico accidentale temporaneo 100 daN/m²

Lo schema di calcolo adottato è:



Le massime sollecitazione valgono:

$$M_{\max} = 30422 \text{ daNcm} \quad T_{\max} = 685 \text{ daN}$$

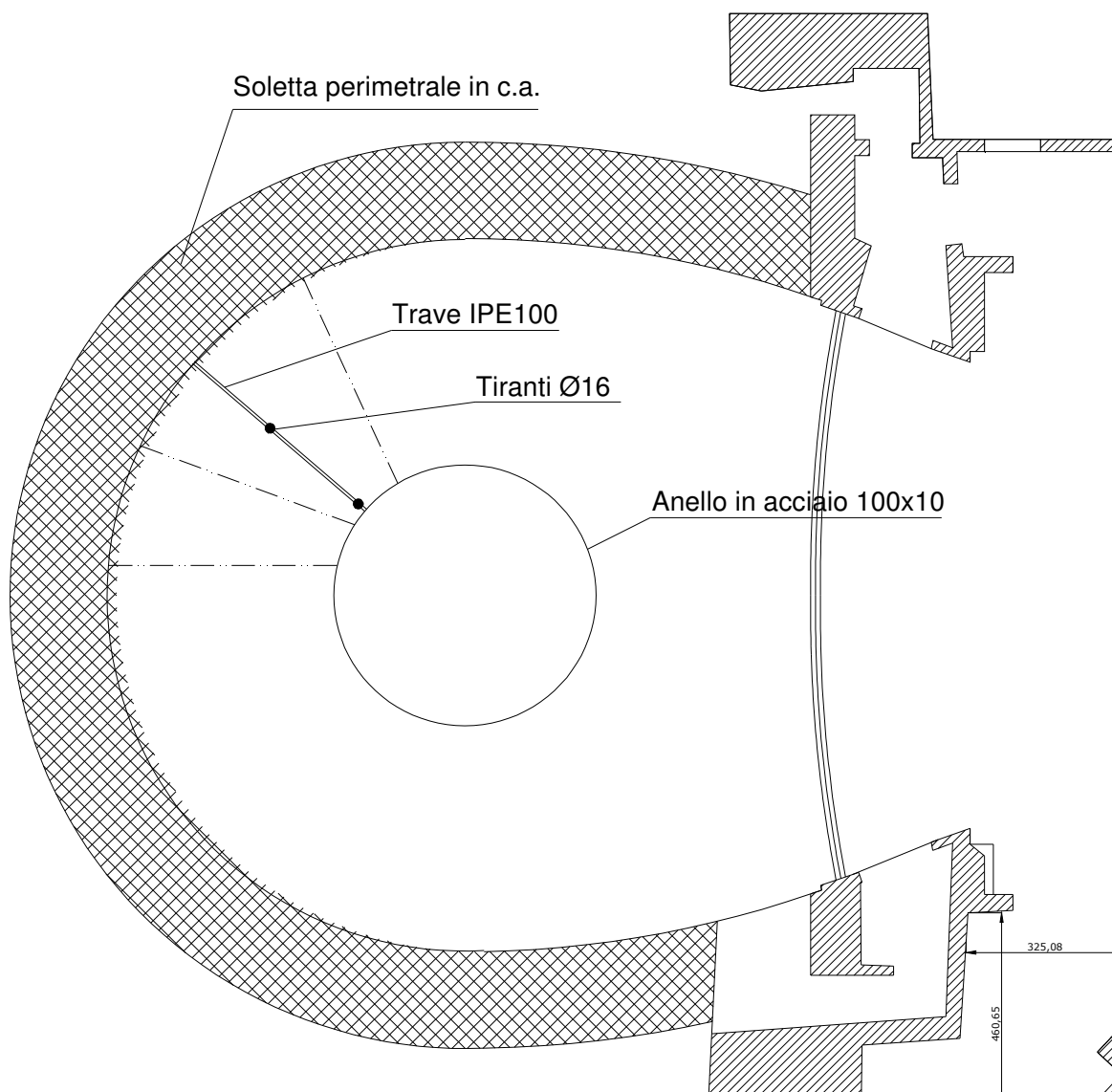
Per cui:

$$f_{d,s} = M / W = 30422 / (34,2) = 890 \text{ daN/cm}^2 < f_{yk} / 1,05 = 2750 / 1,05 = 2620 \text{ daN/cm}^2$$

$$f_{d,v} = T / A_v = 685 / (4,1) = 170 \text{ daN/cm}^2 < f_{yk} / (1,05 \times \sqrt{3}) = 1512 \text{ daN/cm}^2$$

La massima deformazione vale:

$$w_{\text{tot}} = 0,31 \text{ cm inferiore a } L / 250 \quad w_{\text{ca}} = 0,15 \text{ cm inferiore a } L / 300$$



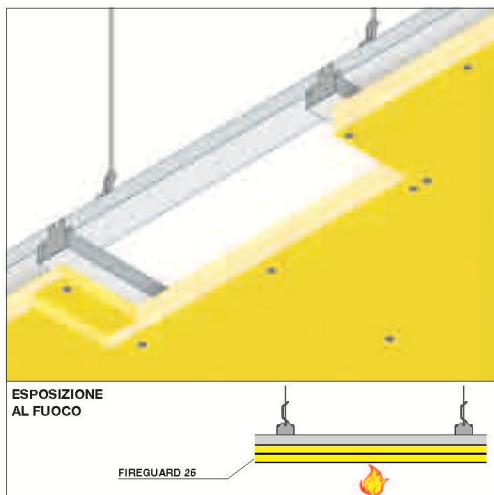
8. Posa in opera controsoffitto

La realizzazione del controsoffitto a membrana EI 120 dovrà essere eseguita mediante posa di una struttura portante sorretta da cavi di acciaio sospesi alle capriate esistenti, su cui saranno fissate le lastre tipo FIREGUARD-25, sp.25,4 mm, dimensioni max 610x2200 mm, costituite da silicati e solfatidi calcio, esenti da amianto, prodotte per laminazione, in classe A1 (incombustibile) di reazione al fuoco

Le lastre saranno avvitate ad una struttura metallica composta da una orditura secondaria costituita da profilati a "C" in acciaio zincato dimensioni 50x27x0,6 mm, posti ad interasse di 440 mme da una orditura metallica principale costituita dagli stessi profili a "C" posti ad interasse di 700 mm.

Attesa la presenza di tiranti metallici e catene nella zona di intervento sarà necessario provvedere al taglio dei pannelli della controsoffittatura in corrispondenza degli elementi metallici. Per garantire la continuità dell'isolamento della controsoffittatura si provvederà a chiudere le zone di taglio con schiuma avente la stessa tenuta del controsoffitto.

CONTROSOFFITTO A MEMBRANA



DESCRIZIONE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di controsoffitto a membrana con resistenza al fuoco EI 120 (a-b), realizzato con due lastre FIREGUARD® 25, sp. 25,4 mm, dimensioni max 610x2200 mm, costituite da silicati e solfati di calcio, esenti da amianto, prodotte per laminazione con controllo dell'essiccazione in stabilimento, in classe A1 (incombustibile) di reazione al fuoco, in conformità al rapporto di classificazione I.G. 276492-3246 FR. Le lastre saranno avvitate con viti auto perforanti fosfatate diametro 3,5 mm lunghezza 35 mm a passo 600 mm per lo strato superiore e

REAZIONE AL FUOCO: A1

RESISTENZA AL FUOCO: EI 120 (a-b)

- **Tipo di solaio:** qualsiasi
- **Distanza dal solaio:** qualsiasi
- **Orditura:** profili a "C" 50x27x0,6 mm sia per l'orditura primaria che per l'orditura secondaria
- **Pendinatura:** a passo 600 mm
- **Rivestimento protettivo:** lastre FIREGUARD® 25 spessore 2 x 25,4 mm
- **Finitura:** con FIREGUARD COMPOUND non necessaria ai fini antincendio

Rapporto di classificazione: I.G. 276492-3246 FR
Norma di prova: EN 1364-2

lunghezza 75 mm a passo 250 mm per lo strato inferiore, ad una struttura metallica composta da una orditura secondaria costituita da profilati a "C" in acciaio zincato dimensioni 50x27x0,6 mm, posti ad interasse di 440 mm e da una orditura metallica principale costituita dagli stessi profilati a "C" posti ad interasse di 700 mm, fissati all'orditura secondaria a mezzo di appositi ganci ortogonali e pendinati ad interasse di 600 mm.

Per le modalità di applicazione si veda apposito "manuale di posa".

9. Prescrizioni operative

Sarà necessario osservare le seguenti prescrizioni al fine di consentire la corretta posa del controsoffitto garantendo le condizioni di sicurezza per le maestranze e per salvaguardia del velario:

1. Azione preliminare sarà la posa di linee vita a cui si dovranno agganciare le maestranze tramite imbracature;
2. Dovrà essere disposto un idoneo sistema di monitoraggio allarmato dalla platea che verifichi costantemente le eventuali inflessioni della superficie dell'affresco durante tutta l'esecuzione dei lavori;
3. Ciascun tirante metallico ancorato alle capriate dovrà essere tesato regolando il tenditore filettato;
4. Dovranno essere predisposte delle tavole di ripartizione dei carichi su cui porre le opere provvisorie necessarie alla posa del controsoffitto.
5. Le opere provvisorie non dovranno essere poste nella parte centrale del velario;
6. Per consentire alle maestranze un accesso alla zona di intervento in totale sicurezza, sarà necessario predisporre un idoneo sistema di scale verificando la solidità di pedate e parapetti.
7. L'accesso ai materiali potrà avvenire ripristinando le aperture poste tra il velario e il loggione;

8. Per limitare i pesi gravanti sulla struttura del velario sarà ivi vietato lo stoccaggio dei materiali e sarà consentita la presenza di non più di 2 operatori, avendo cura di scegliere i materiali e le attrezzature di peso idoneo e garantire un carico non superiore a 80 kg/mq.

Napoli, 27/06/2017

I progettisti

Ing. Carlo Gardini

Geom. Dott. Folco Solimene

