

CITTA' DI SARONNO

provincia di Varese

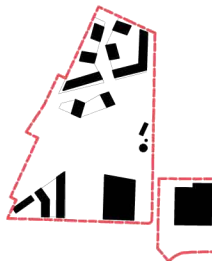


PROGRAMMA INTEGRATO DI INTERVENTO "AREA CANTONI"

COMMITTENTE PROMOTORE

SARIN s.r.l.

via Sassoferatto 1
20135 Milano



onsitestudio

Via C. Cesariano, 14
20121 Milano
T: +39 02 36 75 48 05 - F: +39 02 36 75 48 04

PROGETTO ARCHITETTONICO E URBANO

Arch. Giancarlo Floridi
giancarlo.floridi@onsitestudio.it

Arch. Angelo Lunati
angelo.lunati@onsitestudio.it

STUDIO GIORGETTA
Architetti Paesaggisti

Via Fiori Chiari, 8
20121 Milano
T: +39 02 86 32 88 - F: +39 02 99 98 78 53

PROGETTO DEL PARCO

Arch. Franco Giorgetta
fgarch@fastwebnet.it

TRM ENGINEERING

SERVIZI INTEGRATI DI INGEGNERIA PER LA MOBILITA'

Via della Birona, 30
20900 Monza (MB)
T: +39 039 39 00 237 - F: +39 039 23 14 017

STUDIO DEL TRAFFICO E VIABILITA'

Ing. Giovanni Vescia
ufficio.tecnico@trmengineering.it

DEERNS ITALIA SpA

via Guglielmo Silva, 36
20149 - Milano
T/F: +39 02 36 16 78 88

PROGETTAZIONE DELLE OPERE DI URBANIZZAZIONE

Ing. Giovanni Consonni
giovanni.consonni@deerns.it

MILAN INGEGNERIA Srl

via Thaon di Revel 21, 20159 - Milano
T: +39 02 36 79 88 90 - F: +39 02 36 79 88 92

PROGETTAZIONE STRUTTURALE

Ing. Maurizio Milan
info@buromilan.com

CONSULENZE AMBIENTALI

Via Aldo Moro 1
24020 Scanzorosciate (BG)
T: +39 035 65 94 411 - F: +39 035 65 94 450

VERIFICA IDRO-GEOLOGICA

Dott. Giuseppe Orsini
giuseppe.orsini@consamb.it

ELABORATO :		NOME ELABORATO :		
Sdr101		CENTRO GIOVANI		
FILE :		RELAZIONE TECNICA DELLE STRUTTURE		
A142_Sdr101_01				
SCALA :	DATA :	AGG. N. :	OGGETTO :	DATA :
-	8.4.2015	00	PRIMA EMISSIONE	2.12.2014
QUOTA RIFERIMENTO :	FORMATO:	01	REVISIONE	8.4.2015
	A4			
REDATTO :	CONTROLLATO :	APPROVATO :		
FB	ML	MM		

CITTÀ DI SARONNO
P.I.I. "AREA CANTONI"

PROGETTO DEFINITIVO
RELAZIONE TECNICA DELLE STRUTTURE

- NUOVO CENTRO GIOVANI -

Indice

1. PREMESSA	2
2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	3
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3.1. LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI	4
3.2. NORMATIVA TECNICA ITALIANA	4
3.3. NORMATIVA TECNICA EUROPEA ED INTERNAZIONALE.....	4
4. MATERIALI.....	6
4.1. CALCESTRUZZI	6
4.1.1. <i>Fondazioni dirette, cunicolo tecnologico.....</i>	<i>6</i>
4.1.2. <i>Pareti in calcestruzzo, finitura faccia a vista.....</i>	<i>6</i>
4.2. ACCIAIO	6
4.2.1. <i>Acciaio per c.a. ad armatura lenta</i>	<i>6</i>
4.2.2. <i>Acciaio per strutture in carpenteria metallica</i>	<i>6</i>
4.2.3. <i>Collegamenti bullonati</i>	<i>7</i>
4.3. PANNELLI IN LEGNO LAMELLARE INCROCIATO X-LAM.....	7
4.3.1. <i>Pannelli x-lam per solai</i>	<i>7</i>
5. TERRENO.....	7
6. ANALISI DEI CARICHI	8
6.1. CASI ELEMENTARI DI CARICO.....	8
6.1.1. <i>Peso proprio</i>	<i>8</i>
6.1.2. <i>Carichi permanenti.....</i>	<i>8</i>
6.1.3. <i>Sovraccarichi variabili di esercizio</i>	<i>9</i>
6.1.4. <i>Azione del vento</i>	<i>10</i>
6.1.5. <i>Azione della neve.....</i>	<i>12</i>
6.2. COMBINAZIONI DI CARICO	13
6.2.1. <i>SLU - Stati Limite Ultimi</i>	<i>13</i>
6.2.2. <i>SLE - Stati Limite di Esercizio</i>	<i>13</i>
7. MODELLI DI CALCOLO	16
8. VERIFICHE STRUTTURALI.....	16
8.1. MODI PRINCIPALI DI VIBRARE.....	16
8.2. SETTI VERTICALI.....	18
8.3. TRAVI IN ACCIAIO.....	20

1. PREMESSA

Si riportano nel seguito i criteri e le scelte progettuali a livello di progetto definitivo dell'intervento di realizzazione del nuovo edificio Centro Giovani all'interno del Piano Integrato di Intervento "Area Cantoni di Saronno".



Figura 1 - Planimetria generale dell'intervento e individuazione dell'edificio Centro Giovani.

L'intervento di riqualificazione urbana in progetto si estende su una superficie di 95.000 m² e prevede la realizzazione di residenze e opere di urbanizzazione.

Committente promotore dell'intervento è SARIN Srl; il progetto di Architettura è di OnsiteStudio Srl, in collaborazione con Studio Giorgetta per il progetto del parco e TRM Engineering Srl per il progetto di

viabilità. Il progetto impiantistico delle opere di urbanizzazione è di Deerns Italia Spa. Le verifiche idrogeologiche sono state eseguite da Consulenze Ambientali Spa. Milan ingegneria Srl si occupa della progettazione strutturale delle opere di urbanizzazione.

2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il nuovo edificio denominato Centro Giovani si sviluppa in un unico piano fuori terra su una superficie di 580 m². La forma della copertura, ad elementi *shed*, caratterizza il progetto d'Architettura.



Figura 2 - Rappresentazione fotorealistica del nuovo edificio Centro Giovani.

La struttura è parte integrante e visibile del progetto architettonico. Le pareti laterali, con la caratteristica forma a denti di sega, sono in calcestruzzo armato, con faccia interna finita "faccia a vista". La stabilità delle pareti in senso trasversale è garantita dalla continuità strutturale con il collegamento rigido alla soletta di fondazione e dalle travi metalliche di copertura che collegano in sommità le pareti opposte.

Le fondazioni sono del tipo diretto a platea, e comprendono anche un cunicolo tecnologico per la distribuzione degli impianti. La copertura del cunicolo è in pannelli X-LAM.

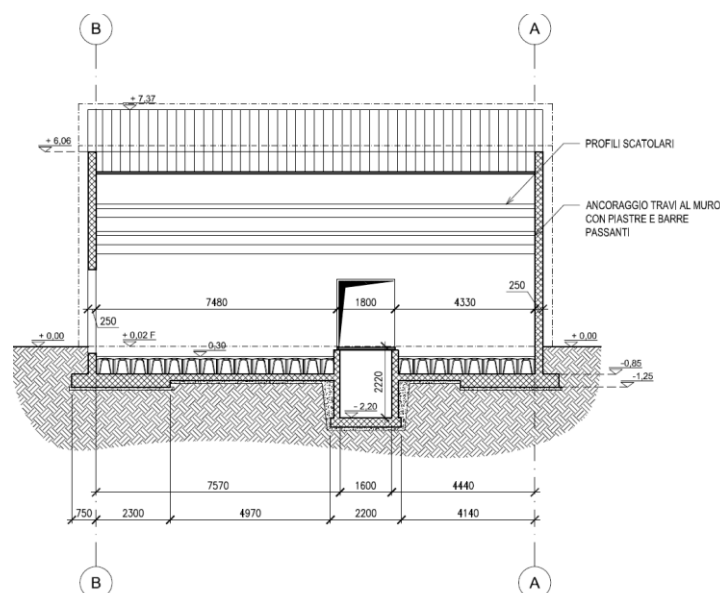


Figura 3 – Sezione trasversale del nuovo edificio Centro Giovani.

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

3.1. LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI

- [1] Legge 5.11.1971 n. 1086 - *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica*;
- [2] D.P.R. 6.6.2001 n. 380 - *Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia*
- [3] D.M. 14.1.2008 - *Norme tecniche per le costruzioni (NTC2008)*;
- [4] Circolare n.617, 2.2.2009 - *Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*;

3.2. NORMATIVA TECNICA ITALIANA

- [5] UNI 11104:2004 - *Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1*

3.3. NORMATIVA TECNICA EUROPEA ED INTERNAZIONALE

- [6] UNI EN 1991-1-1:2004 - *Eurocodice 1: Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi proprie sovraccarichi per gli edifici* (aggiornamento Errata Corrige 2010);
- [7] UNI EN 1992-1-1:2005 - *Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici* (aggiornamento Errata Corrige 2012);
- [8] UNI EN 1993-1-1:2005 - *Eurocodice 3: Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici* (aggiornamento Errata Corrige EC-2010);
- [9] UNI EN 1993-1-4:2007 - *Eurocodice 3: Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-4: Regole generali – Regole supplementari per acciai inossidabili*
- [10] UNI EN 1994-1-1:2005 - *Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici* (aggiornamento Errata Corrige EC-1-2010)
- [11] UNI EN 1998-1:2005 - *Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici*;

- [12] UNI EN 206-1:2006 - *Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità*
- [13] ANSI/AISC 360-10 – Specification for Structural Steel Buildings;

4. MATERIALI

4.1. CALCESTRUZZI

Tutti i calcestruzzi devono essere confezionati a prestazione garantita secondo **UNI EN 206-1**.

4.1.1. Fondazioni dirette, cunicolo tecnologico

Classe di esposizione			XC3	
Classe di resistenza del calcestruzzo			C30/37	
Dimensione massima dell'inerte	D_{max}	=	31,5	mm
Contenuto minimo di cemento			300	kg/m ³
Rapporto massimo a/c			0,5	
Classe di consistenza			S3-S4	
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	R_{ck}	≥	37	MPa
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	f_{ck}	≥	30	MPa
Resistenza di calcolo allo S.L.U.	f_{cd}	=	17	MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	f_{ctd}	=	1,35	MPa
Modulo di elasticità normale	E	=	32,8	GPa

4.1.2. Pareti in calcestruzzo, finitura faccia a vista

Classe di esposizione			XC3	
Classe di resistenza del calcestruzzo			C30/37	
Dimensione massima dell'inerte	D_{max}	=	20	mm
Contenuto minimo di cemento			300	kg/m ³
Rapporto massimo a/c			0,5	
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	R_{ck}	≥	37	MPa
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	f_{ck}	≥	30	MPa
Resistenza di calcolo allo S.L.U.	f_{cd}	=	17	MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	f_{ctd}	=	1,35	MPa
Modulo di elasticità normale	E	=	32,8	GPa

4.2. ACCIAIO

4.2.1. Acciaio per c.a. ad armatura lenta

Il progetto prevede l'uso di acciaio per calcestruzzo armato ordinario tipo **B450C**.

Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	≥	450	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	≥	540	N/mm ²
Allungamento minimo a rottura	$A_{gt,k}$	≥	7,5%	

4.2.2. Acciaio per strutture in carpenteria metallica

Acciaio per strutture in carpenteria metallica classe **S355**.

Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	≥	355	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	≥	510	N/mm ²

4.2.3. Collegamenti bullonati

Bulloni per giunzioni ad attrito, conformi alle norme UNI EN ISO 4016:2011, UNI EN ISO 898-1:2013, UNI EN 14399-1:2005.

Bulloni - viti	classe	8.8	
Tensione di snervamento	f_{yb}	$\geq$	649 N/mm ²
Tensione di rottura	f_{tb}	$\geq$	800 N/mm ²
Bulloni - dadi	classe	8	
Rosette	Acciaio C50 - UNI EN 10083-2:2006		

4.3. PANNELLI IN LEGNO LAMELLARE INCROCIATO X-LAM

4.3.1. Pannelli x-lam per solai

Il progetto prevede l'uso di pannelli in X-LAM con prestazioni secondo ETA-06/0138.

Classe di servizio 2.

Resistenza a flessione	$f_{m,g,k}$	$\geq$	24,0	N/mm ²
Resistenza a trazione	$f_{t,0,g,k}$	$\geq$	0,12	N/mm ²
Resistenza a compressione	$f_{c,0,g,k}$	$\geq$	2,70	N/mm ²
Resistenza a taglio	$f_{m,g,k}$	$\geq$	2,70	N/mm ²
Modulo di elasticità	$E_{0,g,mean}$	=	12.000	N/mm ²
Densità	ρ	=	4,80	kN/m ³

5. TERRENO

Per la progettazione definitiva è stato fatto riferimento alla Relazione geologica-idrogeologica redatta da Consulenze Ambientali Spa di Scanzorosciate, avente oggetto "Riconversione dell'area industriale dismessa di Via Marzorati 22 Comune di Saronno", emessa in data 18.11.2014, cod. elaborato "0788A14 SARIN relazione geologica e idrogeologica".

In fase di progettazione esecutiva è richiesta l'esecuzione di un approfondimento della caratterizzazione meccanica dei terreni interessati dalla nuova struttura, comprendente anche la determinazione della tipologia di sottosuolo ai fini della caratterizzazione sismica.

6. ANALISI DEI CARICHI

6.1. CASI ELEMENTARI DI CARICO

La progettazione e la verifica degli elementi strutturali seguono il metodo semiprobabilistico degli Stati Limite.

Le condizioni elementari di carico sono cumulate secondo combinazioni di carico tali da risultare le più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, determinando quindi le azioni di calcolo da utilizzare per le verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLU), Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), Stato Limite di Danno (SLD) e Stato Limite di Esercizio (SLE) per ciascun elemento.

I casi di carico elementari sono peso proprio, carichi permanenti, carichi accidentali, vento, neve, temperatura, spinte del terreno e dell'acqua, sisma nelle due direzioni.

Nei paragrafi seguenti è determinata l'entità di ciascuno dei carichi elementari.

6.1.1. Peso proprio

I pesi propri degli elementi strutturali inseriti nei modelli di calcolo sono autodeterminati dal programma, in funzione delle dimensioni e del peso specifico del materiale:

$$\gamma_{\text{acciaio}} = 78,5 \text{ kN/m}^3 ; \quad \gamma_{\text{calcestruzzo}} = 25,0 \text{ kN/m}^3$$

6.1.2. Carichi permanenti

I carichi permanenti sono computati come masse afferenti gli elementi strutturali ai quali sono applicati.

Piano terra - Stratigrafia

Carichi permanenti	$G_2 =$	6,10	kN/m^2
Linoleum sp. 2.5 mm	$g_{2,1} =$	0,05	kN/m^2
Massetto pannelli radianti sp 50 mm	$g_{2,2} =$	0,65	kN/m^2
Strato isolante sp 100 mm	$g_{2,5} =$	0,15	kN/m^2
Massetto impianti	$g_{2,6} =$	2,00	kN/m^2
Cappa cls con rete elettrosaldata sp 50 mm	$g_{2,7} =$	1,25	kN/m^2
Iglù sp 500 mm	$g_{2,2} =$	2,00	kN/m^2

Piano terra - Copertura cunicolo

Carichi permanenti	$G_2 =$	2,00	kN/m^2
Strato di isolamento e impermeabilizzazione	$g_{2,1} =$	0,35	kN/m^2
Massetto	$g_{2,2} =$	1,40	kN/m^2
Pavimentazione	$g_{2,3} =$	0,25	kN/m^2

Copertura a falde - parti cieche

Carichi permanenti	$G_2 =$	0,60	kN/m^2
Strato di impermeabilizzazione	$g_{2,1} =$	0,05	kN/m^2
Isolamento sp. 120 mm	$g_{2,2} =$	0,10	kN/m^2
Lamiera grecata sp. 55 mm	$g_{2,3} =$	0,15	kN/m^2
Controsoffitto in cartongesso	$g_{2,4} =$	0,30	kN/m^2

Copertura a falde - Serramenti vetrati

Carichi permanenti	G₂=	1,50	kN/m²
---------------------------	-----------------------	-------------	-------------------------

6.1.3. Sovraccarichi variabili di esercizio

I sovraccarichi d'esercizio sono prescritti dalla Normativa vigente e sono correlati alla destinazione d'uso dei locali. I valori dei carichi verticali e orizzontali uniformemente distribuiti sono indicati in tabella 3.1.II del DM 14.01.2008, di seguito riportata:

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

Cat.	Ambienti	q _k [kN/m ²]	Q _k [kN]	H _k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	Uffici. Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	3,00 4,00 5,00	2,00 4,00 5,00	1,00 2,00 3,00
D	Ambienti ad uso commerciale. Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
E	Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale. Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	≥ 6,00 —	6,00 —	1,00* —
F-G	Rimesse e parcheggi. Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	2,50 —	2 x 10,00 —	1,00** —
H	Coperture e sottotetti Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 — —	1,20 — —	1,00 — —
* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati				
** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso				

Per i vari ambienti sono pertanto previsti i seguenti sovraccarichi variabili:

Locali aperti al pubblico	cat. C1	q _k = 3,00	kN/m ²
Coperture praticabili	cat. C1	q _k = 3,00	kN/m ²
Coperture non praticabili	cat. H1	q _k = 0,50	kN/m ²

6.1.4. Azione del vento

3.3 AZIONI DEL VENTO - NTC 2008

3.3.2 - Velocità di riferimento

Zona: **1**
 $a_s = 212$ m altitudine sul livello del mare del sito
 $T_R = 50$ anni
 $\alpha_R = 1,000$

$a_0 = 1000$ m
 $v_{b0} = 25$ m/s
 $k_a = 0,010$ 1/s

$v_b = 25,00$ m/s



Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

3.3.4 - Pressione del vento

☒ per n intervalli costanti

☐ specifica quote manualmente

numero di punti

6

ampiezza dell'intervallo

1

m

$q_b = 390,63$ N/m²

pressione cinetica di riferimento

$c_p = + 0,60$ (sopravento)

coefficiente di forma (o aerodinamico)

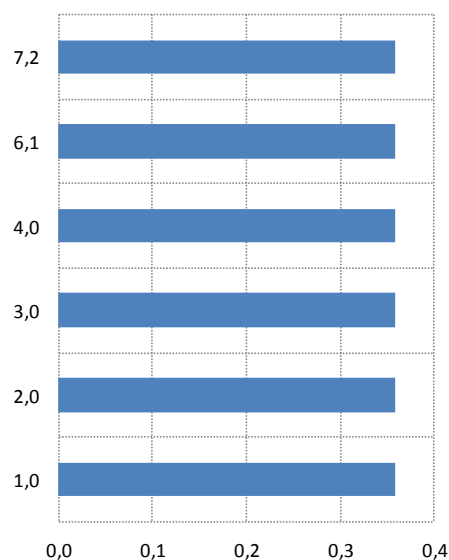
$c_p = + 0,04$ (sottovento)

$c_d = 1$

coefficiente dinamico

Tabella - Pressione del vento in funzione della quota di applicazione

z [m]	$c_e(z)$ Cat. IV	$+p(z)$ [N/m ²]	$-p(z)$ [N/m ²]	$P_{tot}(z)$ [N/m ²]	$P_{tot}(z)$ [kN/m ²]
1,00	1,63	383,02	23,94	359,08	0,359
2,00	1,63	383,02	23,94	359,08	0,359
3,00	1,63	383,02	23,94	359,08	0,359
4,00	1,63	383,02	23,94	359,08	0,359
6,10	1,63	383,02	23,94	359,08	0,359
7,20	1,63	383,02	23,94	359,08	0,359



3.3.7 - Coefficiente di esposizione

Zona: 1
 $a_s = 212$ m
 $z = 11$ m (altezza dell'edificio considerato)
 Distanza dalla costa: **140** km ☐ Struttura Off-shore
 Classe di rugosità: B:aree suburbane

Categoria di esposizione: **IV**

$k_r = 0,22$
 $z_0 = 0,30$ m
 $z_{min} = 8,00$ m

$C_t = 1$

C 3.3.10.1 - Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde, inclinate, curve

$\alpha = 63^\circ$

$C_p = +0,80$
 $C_p = -0,40$

Pressione esterna:

elementi sopravvento: $C_{pe} = +0,80$
 elementi sottovento: $C_{pe} = -0,40$

Pressione interna:

☒ Considera perfettamente sigillato

- ☒ Aperture di superficie minore di 1/3 di quella totale
- ☐ Una parete con aperture di superficie non minore di 1/3 di quella totale
- ☐ Due pareti opposte con aperture di superficie non minore di 1/3 di quella totale

$C_{pi} = +0,00$
 $C'_{pi} = +0,00$

6.1.5. Azione della neve

3.4 AZIONI DELLA NEVE - NTC 2008

3.4.1 - Carico neve

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante l'espressione (3.3.7):

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t = 1.56 \cdot 1.52 \cdot 1 \cdot 1 = 2,37 \text{ kN/m}^2 \quad (3.3.7)$$

$$\begin{aligned} \mu_i &= 1,56 && (\text{valore massimo}) \\ q_{sk} &= 1,52 \text{ kN/m}^2 \\ C_E &= 1 \\ C_t &= \mathbf{1} && (\text{par. 3.4.4}) \end{aligned}$$

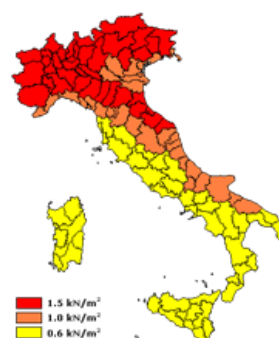
3.4.2 - Valore caratteristico

Provincia:

Zona I - Mediterranea

$a_s = \mathbf{212} \text{ m}$ altitudine sul livello del mare del sito

$q_{sk} = 1,52 \text{ kN/m}^2$



3.4.3 - Coefficiente di esposizione

Tabella 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di topografia

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

3.4.5.1 - Coefficiente di forma per le coperture

3.4.5.2 - Copertura ad una falda

$$\alpha = \mathbf{0}^\circ$$

$$\mu_1 = 0,80$$

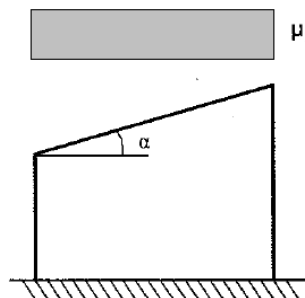


Figura 3.4.2 -- Condizioni di carico per coperture ad una falda

6.2. COMBINAZIONI DI CARICO

6.2.1. SLU - Stati Limite Ultimi

Si adottano le combinazioni prescritte dalla normativa vigente ed espresse simbolicamente come segue:

$$F_d = \gamma_g \cdot G_k + \gamma_p \cdot P_k + \gamma_q \cdot \left[Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{0i} \cdot Q_{ik}) \right] \quad \text{per le azioni statiche}$$

con il seguente significato dei simboli:

G_k	valore caratteristico delle azioni permanenti
P_k	valore caratteristico della forza di precompressione
Q_{ik}	valore caratteristico dell'azione variabile i-esima
$\gamma_{G1} = 1,3$	(1,0 se il suo contributo aumenta la sicurezza)
$\gamma_{G2} = 1,3$	(0,0 se il suo contributo aumenta la sicurezza)
$\gamma_q = 1,5$	per sovraccarichi di esercizio, neve, vento, temperatura
$\psi_{0i} = 0,0$	per coperture accessibili per sola manutenzione
$\psi_{0i} = 0,5$	per neve ($q < 1000$ m slm)
$\psi_{0i} = 0,6$	per vento e variazioni termiche

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8
Peso proprio	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Permanenti	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Accidentali (cat. H)	1,50	1,50	1,50	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento X	0,90	0,00	0,90	0,00	1,50	0,00	1,50	0,00
Vento Y	0,00	0,90	0,00	0,90	0,00	1,50	0,00	1,50
Neve	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
ΔT - Estate	0,90	0,90	0,00	0,00	0,90	0,90	0,00	0,00
ΔT - Inverno	0,00	0,00	0,90	0,90	0,00	0,00	0,90	0,90
Sisma X	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma Y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 1 - Coefficienti impiegati per la definizione delle combinazioni agli stati limite ultimi SLU - 1

	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16
Peso proprio	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Permanenti	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Accidentali (cat. H)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento X	0,90	0,00	0,90	0,00	0,90	0,00	0,90	0,00
Vento Y	0,00	0,90	0,00	0,90	0,00	0,90	0,00	0,90
Neve	1,50	1,50	1,50	1,50	0,75	0,75	0,75	0,75
ΔT - Estate	0,90	0,90	0,00	0,00	1,50	1,50	0,00	0,00
ΔT - Inverno	0,00	0,00	0,90	0,90	0,00	0,00	1,50	1,50
Sisma X	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma Y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 2 - Coefficienti impiegati per la definizione delle combinazioni agli stati limite ultimi SLU - 2

6.2.2. SLE - Stati Limite di Esercizio

Si adottano le combinazioni prescritte dalla normativa vigente ed espresse simbolicamente come segue:

$$F_d = G_k + P_k + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \dots \quad \text{combinazione rara}$$

$$F_d = G_k + P_k + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \dots \quad \text{combinazione frequente}$$

$$F_d = G_k + P_k + \psi_{21} \cdot Q_{21} + \psi_{22} \cdot Q_{22} \dots \quad \text{combinazione quasi permanente}$$

con il seguente significato dei simboli:

G_k valore caratteristico delle azioni permanenti
 P_k valore caratteristico della forza di precompressione
 Q_{ik} valore caratteristico dell'azione variabile i-esima

$\gamma_{0i} = 0,0$ per coperture accessibili per sola manutenzione

$\gamma_{0i} = 0,5$ per neve ($q < 1000 \text{ m slm}$)

$\gamma_{0i} = 0,6$ per vento e variazioni termiche

$\gamma_{1i} = 0,0$ per coperture accessibili per sola manutenzione

$\gamma_{1i} = 0,2$ per neve ($q < 1000 \text{ m slm}$), vento

$\gamma_{1i} = 0,5$ per variazioni termiche

$\gamma_{2i} = 0,0$ per coperture, neve, vento e variazioni termiche

	RARA1	RARA2	RARA3	RARA4	RARA5	RARA6	RARA7	RARA8
Peso proprio	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Permanenti	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Accidentali (cat. H)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento X	0,60	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
Vento Y	0,00	0,60	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	1,00
Neve	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
ΔT - Estate	0,50	0,50	0,00	0,00	0,60	0,60	0,00	0,00
ΔT - Inverno	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	0,60	0,60
Sisma X	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma Y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 3 - Coefficienti impiegati per la definizione delle combinazioni agli S.L.E. - Rara 1.

	RARA9	RARA10	RARA11	RARA12	RARA13	RARA14	RARA15	RARA16
Peso proprio	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Permanenti	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Accidentali (cat. H)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento X	0,60	0,00	0,60	0,00	0,60	0,00	0,60	0,00
Vento Y	0,00	0,60	0,00	0,60	0,00	0,60	0,00	0,60
Neve	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50
ΔT - Estate	0,60	0,60	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
ΔT - Inverno	0,00	0,00	0,60	0,60	0,00	0,00	1,00	1,00
Sisma X	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma Y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 4 - Coefficienti impiegati per la definizione delle combinazioni agli S.L.E. - Rara 2.

	FREQ1	FREQ2	FREQ3	FREQ4	FREQ5	QP	QP _{oo}
Peso proprio	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,30
Permanenti	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,30
Accidentali (cat. H)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento X	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento Y	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Neve	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
ΔT - Estate	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
ΔT - Inverno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
Sisma X	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma Y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 5 - Coefficienti impiegati per la definizione delle combinazioni agli S.L.E. - Frequente e QP.

7. MODELLI DI CALCOLO

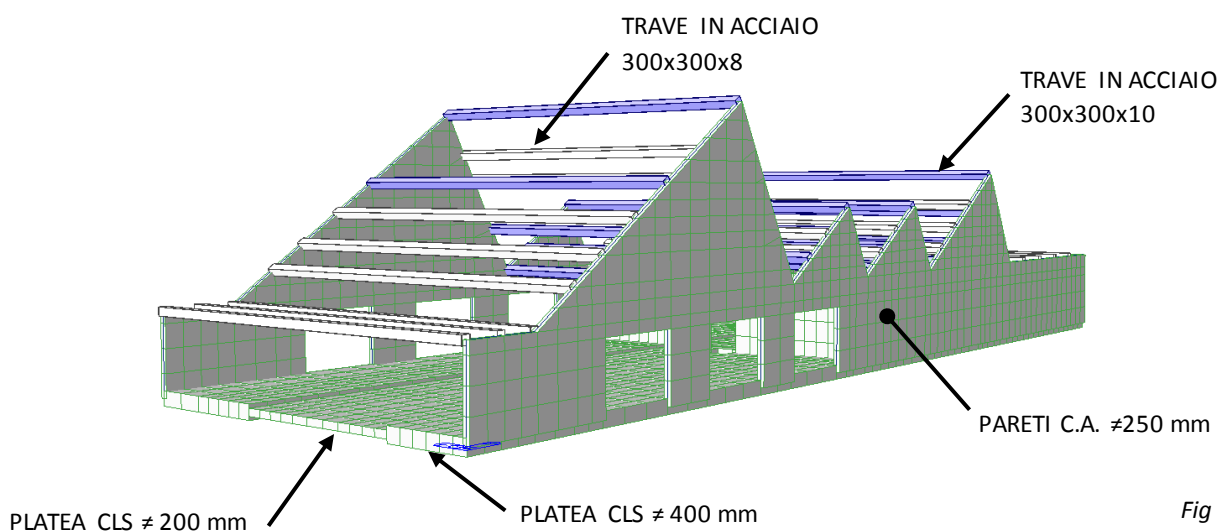
Le analisi su modello di simulazione sono state eseguite con l'ausilio dei seguenti programmi:

- MIDAS GEN®. Sviluppato da MIDAS Information Technology Co., Ltd e commercializzato dalla CSPFea s.c. di Este (PD). Questo software è utilizzato per l'analisi delle sollecitazioni sugli elementi strutturali.
- VcaSlu sviluppato da ing. Piero Gelfi.

I programmi vengono usati dalla scrivente in forza di regolari licenze d'uso e sono testati periodicamente mediante procedure di controllo codificate, tali da verificare l'attendibilità delle applicazioni e dei risultati ottenuti ed individuare eventuali vizi ed anomalie.

Grazie alla raffinatezza dei modelli di calcolo è stato possibile analizzare il comportamento di tutti gli elementi compositivi delle stesse, considerando l'effettivo contributo alla rigidezza complessiva del sistema fornito da ciascun componente elementare. I criteri di modellazione prevedono la riproduzione fedele delle strutture così come sono state progettate e si prescrive siano realizzate.

Si riportano gli schemi rappresentativi le strutture come risultanti dai modelli di calcolo che utilizzano i software appena citati.



4 – Viste modello FEM.

Fig
ura

8. VERIFICHE STRUTTURALI

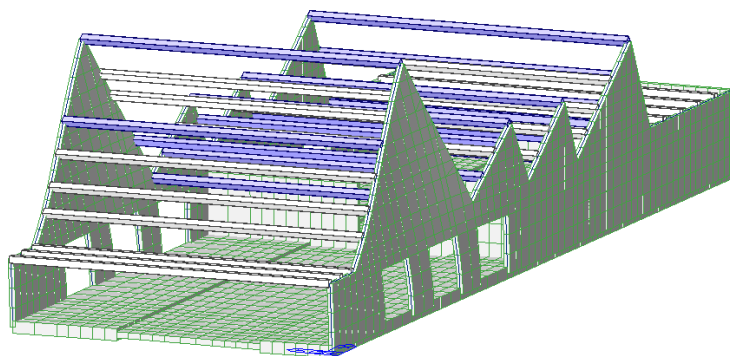
8.1. MODI PRINCIPALI DI VIBRARE

Si riportano di seguito i due modi principali di vibrare della struttura, in direzione X e Y.

Modo numero 3

Il primo modo significativo della struttura è il modo numero 3 avente periodo $T=0.53s$.

La massa sollecitata in direzione Y è 8.41% della massa totale, nulla la massa in direzione X.

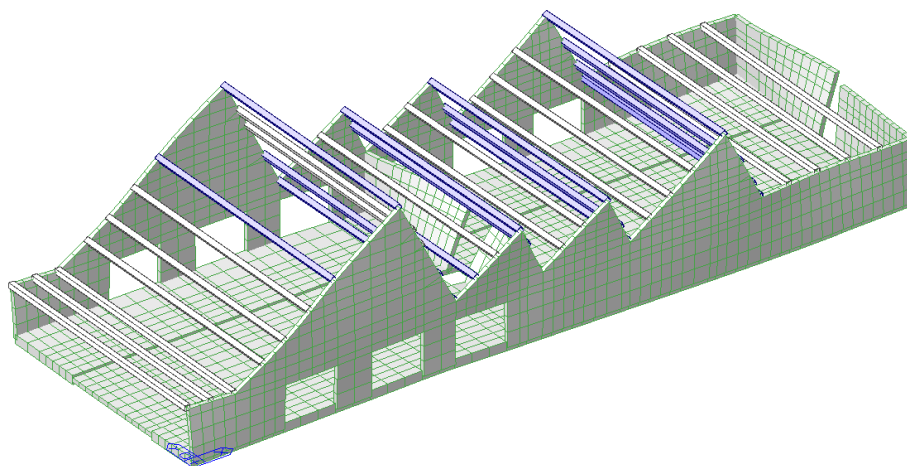


midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE
FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
1.879856
NATURAL PERIOD
(SEC)
0.531956
MPM(k)
DX= 0.000008
DY= 8.411514
DZ= 0.000063
EX= 9.003010
EY= 0.000055
EZ= 4.818814
Mode 3
MAX : 84
MIN : 5449
FILE: A142_Centr-
UNIT: [cgs]
DATE: 12/01/2014
VIEW-DIRECTION
X: -0.904
Y: -0.384
Z: 0.191

Modo numero 32

Il modo che sollecita maggiormente la struttura in direzione X è il modo numero 32 con periodo $T=0.065s$.

La massa sollecitata in direzione X è il 39.34% della massa totale, quella in direzione Y lo 0.05%.



midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE
FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
15.419674
NATURAL PERIOD
(SEC)
0.064952
MPM(k)
DX= 39.342649
DY= 0.049981
DZ= 0.072789
EX= 0.022945
EY= 5.154619
EZ= 0.072029
Mode 32
MAX : 4498
MIN : 4509
FILE: A142_Centr-
UNIT: [cgs]
DATE: 12/01/2014
VIEW-DIRECTION
X: -0.509
Y: -0.701
Z: 0.500

8.2. SETTI VERTICALI

Verifica presso-flessione

I setti sono verificati a presso-flessione, definita da una componente di sforzo assiale nel piano e il momento flettente fuori dal piano.

In Figura 5 e Figura 6 – Momento fuori piano Mxx. è possibile leggere i valore delle sollecitazioni riguardanti la sezione critica 1 di dimensione 1000x250 mm.

Si considera dunque la coppia di valori che rappresenta la condizione di massimo sforzo assiale e di massimo momento flettente:

$$N_{Ed \max} = -329.70 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed \max} = 42.20 \text{ kNm/m}$$

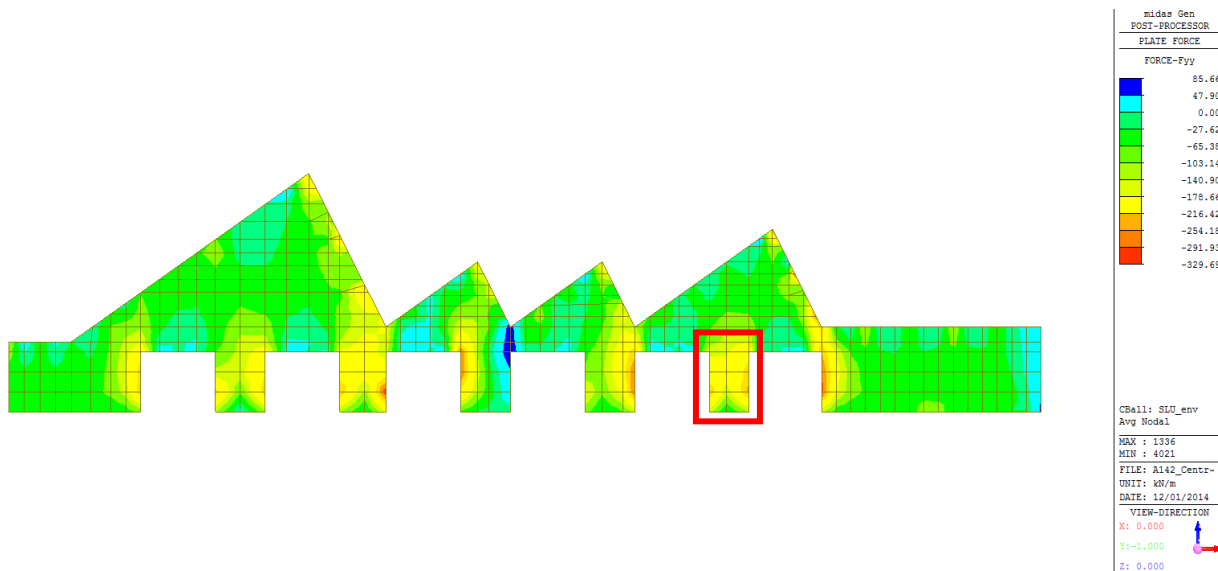


Figura 5 – Sforzo assiale Fyy.

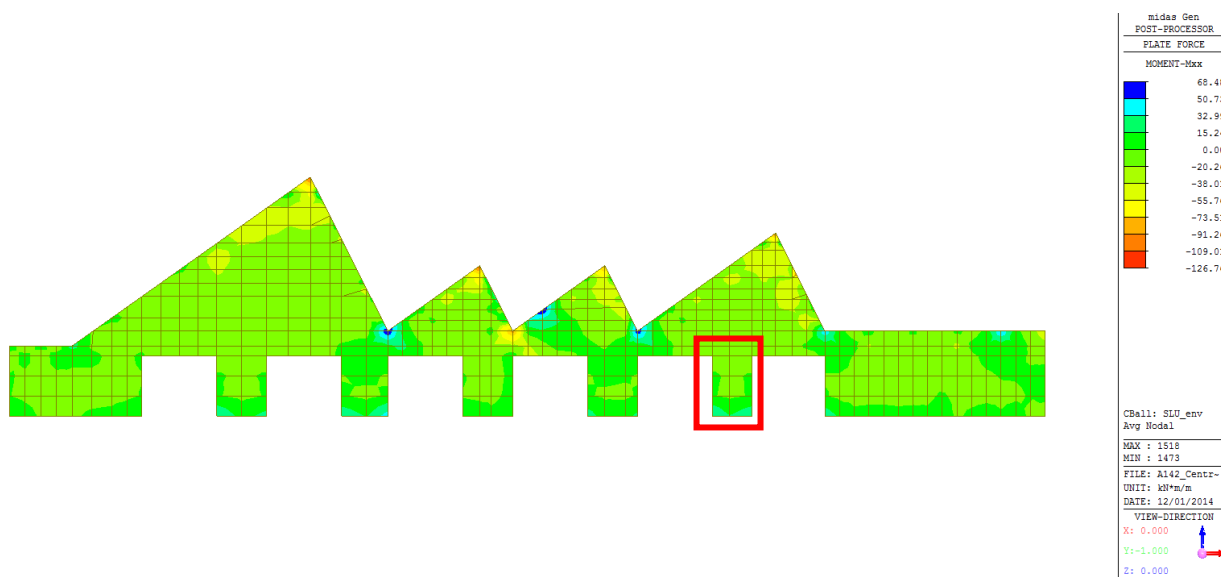


Figura 6 – Momento fuori piano Mxx.

Si progetta un'armatura costituita da 5+5ø12 su una lunghezza di 1,00 m.

In Figura 7 è mostrato il diagramma M-N corrispondente alla sezione studiata che attesta che la sezione è verificata a presso-flessione.

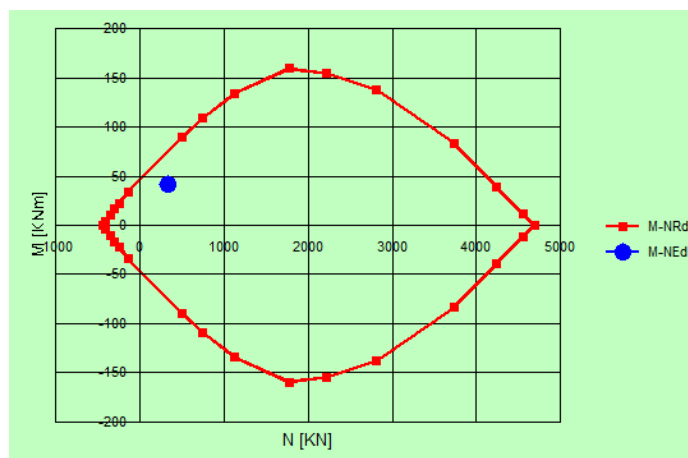


Figura 7 – Domino M-N.

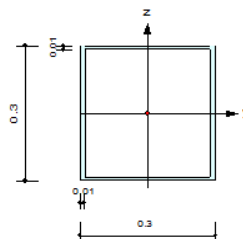
8.3. TRAVI IN ACCIAIO

Travi scatolari 300x300x10

Si riportano nel seguito le verifiche della trave 300x300x10 maggiormente sollecitata.

1. Design Information

Design Code : Eurocode3:05
Unit System : kN, m
Member No : 229
Material : S355 (No.2)
($F_y = 355000$, $E_s = 210000000$)
Section Name : 300x300x10 (No.3)
(Built-up Section).
Member Length : 14.0000



2. Member Forces

Axial Force $F_{xx} = -94.129$ (LCB: 9, POS:1/2)
Bending Moments $M_y = -134.26$, $M_z = 95.1777$
End Moments $M_{yi} = 94.9552$, $M_{yj} = 94.9580$ (for Lb)
 $M_{zi} = 94.9552$, $M_{zj} = 94.9580$ (for Ly)
 $M_{zi} = -63.647$, $M_{zj} = -63.502$ (for Lz)
Shear Forces $F_{yy} = -45.498$ (LCB: 7, POS:I)
 $F_{zz} = -65.489$ (LCB: 9, POS:J)

Depth	0.30000	Web Thick	0.01000
Flg Width	0.30000	Top Fl Thick	0.01000
Web Center	0.29000	Bot Fl Thick	0.01000
Area	0.01180	Axx	0.00000
Cyb	0.03155	Cyb	0.03155
Iyy	0.00016	Izz	0.00016
Ybar	0.15000	Zbar	0.15000
Wely	0.00109	Welz	0.00109
ry	0.11846	rz	0.11846

3. Design Parameters

Unbraced Lengths $L_y = 14.0000$, $L_z = 14.0000$, $L_b = 14.0000$
Effective Length Factors $K_y = 1.00$, $K_z = 1.00$
Equivalent Uniform Moment Factors $C_{my} = 1.00$, $C_{mz} = 1.00$, $C_{mLT} = 1.00$

4. Checking Results

Slenderness Ratio

$KL/r = 118.2 < 200.0$ (Membr:229, LCB: 9)..... O.K

Axial Resistance

$N_{Ed}/[N_{c,Rd}, N_{b,Rd}] = 94.13/1340.85 = 0.070 < 1.000$ O.K

Bending Resistance

$M_{Edy}/M_{Rdy} = 134.256/448.010 = 0.300 < 1.000$ O.K

$M_{Edz}/M_{Rdz} = 95.178/448.010 = 0.212 < 1.000$ O.K

Combined Resistance

$R_{NRd} = \max[M_{Edy}/M_{Ny,Rd}, M_{Edz}/M_{Nz,Rd}]$

$R_{max1} = (M_{Edy}/M_{Ny,Rd})^{\alpha} + (M_{Edz}/M_{Nz,Rd})^{\beta}$

$R_{com} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \gamma_{M0})$, $R_{bend} = M_{Edy}/M_{y,Rd} + M_{Edz}/M_{z,Rd}$

$R_{c_LT1} = N_{Ed}/(X_{iy} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{b_LT1} = (k_{yy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{Edz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{c_LT2} = N_{Ed}/(X_{iz} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{b_LT2} = (K_{zy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (K_{zz} \cdot M_{Edz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{max} = \max[R_{NRd}, R_{max1}, (R_{com} + R_{bend}), \max(R_{c_LT1} + R_{b_LT1}, R_{c_LT2} + R_{b_LT2})] = 0.535 < 1.000$.. O.K

Shear Resistance

$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.037 < 1.000$ O.K

$V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.053 < 1.000$ O.K

5. Deflection Checking Results

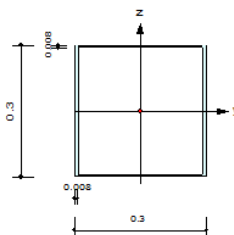
$L/200.0 = 0.0700 > 0.0620$ (Membr:229, LCB: 37, POS: 7.0m, Dir-Z)..... O.K

Travi scatolari 300x300x8

Si riportano nel seguito le verifiche della trave 300x300x8 maggiormente sollecitata.

1. Design Information

Design Code : Eurocode3:05
Unit System : kN, m
Member No : 258
Material : S355 (No:2)
($F_y = 355000$, $E_s = 210000000$)
Section Name : 300x300x8 (No:4)
(Built-up Section).
Member Length : 14.0000



2. Member Forces

Axial Force $F_{xx} = -27.849$ (LCB: 6, POS:1/2)
Bending Moments $M_y = 121.903$, $M_z = -0.1908$
End Moments $M_{yi} = -83.993$, $M_{yj} = -84.345$ (for Lb)
 $M_{zi} = -83.993$, $M_{zj} = -84.345$ (for Ly)
 $M_{zi} = -0.2873$, $M_{zj} = -0.0943$ (for Lz)
Shear Forces $F_{yy} = -0.2097$ (LCB: 18, POS:J)
 $F_{zz} = -59.023$ (LCB: 7, POS:I)

Depth	0.30000	Web Thick	0.00800
Flg Width	0.30000	Top F Thick	0.00800
Web Center	0.29200	Bot.F Thick	0.00800
Area	0.00934	Asz	0.00480
Cyb	0.03198	Qab	0.03198
Iyy	0.00013	Izz	0.00013
Ybar	0.15000	Zbar	0.15000
Wely	0.00089	Welz	0.00089
ry	0.11925	rz	0.11925

3. Design Parameters

Unbraced Lengths $L_y = 14.0000$, $L_z = 14.0000$, $L_b = 14.0000$
Effective Length Factors $K_y = 1.00$, $K_z = 1.00$
Equivalent Uniform Moment Factors $C_{my} = 1.00$, $C_{mz} = 1.00$, $C_{mLT} = 1.00$

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 $KL/r = 117.4 < 200.0$ (Memb:258, LCB: 6)..... O.K
Axial Resistance
 $N_{Ed}/[MIN(N_{c,Rd}, N_{b,Rd})] = 27.85/3259.83 = 0.009 < 1.000$ O.K
Bending Resistance
 $M_{Edy}/M_{Rdy} = 121.903/301.055 = 0.405 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz}/M_{Rdz} = 0.191/309.240 = 0.001 < 1.000$ O.K
Combined Resistance
 $R_{oom} = N_{Ed}/(A_{eff}f_y/\Gamma_{M0})$, $R_{bend} = (M_{Edy}+N_{Ed}e_{Ny})/M_{y,Rd} + (M_{Edz}+N_{Ed}e_{Nz})/M_{z,Rd}$
 $R_{c_LT1} = N_{Ed}/(X_{iy}A_{eff}f_y/\Gamma_{M1})$
 $R_{b_LT1} = k_{yy}(M_{Edy}+N_{Ed}e_{Ny})/(X_{i_LT}W_{effy}f_y/\Gamma_{M1}) + k_{yz}(M_{Edz}+N_{Ed}e_{Nz})/(W_{effz}f_y/\Gamma_{M1})$
 $R_{c_LT2} = N_{Ed}/(X_{iz}A_{eff}f_y/\Gamma_{M1})$
 $R_{b_LT2} = k_{zy}(M_{Edz}+N_{Ed}e_{Nz})/(X_{i_LT}W_{effz}f_y/\Gamma_{M1}) + k_{zz}(M_{Edy}+N_{Ed}e_{Ny})/(W_{effy}f_y/\Gamma_{M1})$
 $R_{max} = MAX[R_{oom}+R_{bend}, MAX(R_{c_LT1}+R_{b_LT1}, R_{c_LT2}+R_{b_LT2})] = 0.434 < 1.000$ O.K
Shear Resistance
 $V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.000 < 1.000$ O.K
 $V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.060 < 1.000$ O.K

5. Deflection Checking Results

$L/200.0 = 0.0700 > 0.0538$ (Memb:258, LCB: 37, POS: 7.0m, Dir-Z)..... O.K