

**COMUNE DI VILAFRANCA PIEMONTE**

PROVINCIA DI TORINO

**SCUOLA SECONDARIA  
DI I° GRADO STATALE**

**BANDO TRIENNALE 2015-16-17  
EDILIZIA SCOLASTICA - MUTUI**



COMMITTENZA:  
COMUNE DI VILAFRANCA PIEMONTE

**PIANO TRIENNALE DI EDILIZIA SCOLASTICA IN ATTUAZIONE DELL'ART. 10 DEL D.L. n° 104/2013  
E DEL DECRETO DEL MINISTRO DELL'ECONOMIA E DELLE FINANZE DI CONCERTO CON IL  
MINISTRO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITA' E DELLA RICERCA E CON IL MINISTRO DELLE  
INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI IN DATA 21/01/2015**

**LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA E AMPLIAMENTO  
ISTITUTO COMPRENSIVO SCOLASTICO**

PROGETTO ESECUTIVO

**11 A**

**PROGETTO STRUTTURALE  
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI FONDAZIONE**

DATA:  
**Marzo 2019**

IL TECNICO:

LA COMMITTENZA:  
**COMUNE DI VILAFRANCA PIEMONTE**

***Picotto Franco***  
***Ingegnere***

## **COMUNE DI VILAFRANCA PIEMONTE**

Città Metropolitana di Torino

**Proprietà : COMUNE DI VILAFRANCA PIEMONTE**

OGGETTO :

### **RELAZIONE TECNICA e di CALCOLO**

**Ampliamento scuola secondaria - Progetto di realizzazione mensa e refettorio.**

**Progetto delle strutture di fondazione.**

Cavour, 29 marzo 2019



1) Premessa.....	5
1. Ubicazione della struttura .....	5
2) Normativa di riferimento.....	6
2.1) Struttura.....	6
2.2) Carichi e sovraccarichi .....	6
2.3) Terreni e fondazioni.....	6
3) Materiali utilizzati .....	7
3.1) Conglomerato cementizio.....	7
3.1.1) Qualità dei componenti .....	7
3.1.2) Prescrizione per inerti .....	7
3.1.3) Prescrizione per il disarmo.....	7
3.1.4) Prospetto 1 – UNI 11104:2004.....	8
3.1.5) Prospetto 4. - UNI 11104:2004 .....	9
3.1.6) Conglomerato per getti non armati .....	10
3.1.7) Copriferro nominale.....	10
3.1.8) Diametro massimo aggregati .....	10
3.2) Barre di armatura per cemento armato ordinario.....	11
3.2.1) Caratteristiche meccaniche .....	11
3.2.2) Peculiarità di impiego .....	11
3.2.3) Reti e tralicci elettrosaldati.....	12
4) Prestazioni di progetto, classe della struttura, vita utile e procedure di qualità.....	12
4.1) Vita nominale [par. 2.4.1] .....	13
4.2) Classi d’uso [par. 2.4.2] .....	13
5) Metodo di analisi .....	13
5.1) Analisi statica lineare .....	13
6) Criteri di concezione e di schematizzazione strutturale, modellazione del terreno, proprietà dei materiali, efficacia del modello .....	13
7) Criteri per la misura della sicurezza .....	15
7.1) Metodo di calcolo agli stati limite.....	15
8) Presentazione del modello strutturale e sue proprietà.....	16
8.1) Schematizzazione delle azioni, condizioni e combinazioni di carico .....	16
8.2) Carichi applicati alla struttura .....	16
8.2.1) Permanenti .....	16
8.2.1) Carichi della struttura prefabbricata sovrastante.....	17
8.3) Combinazioni di carico [par. 2.5.3] .....	18
9) Gli elementi finiti utilizzati nella modellazione .....	19

9.1)	Nodi della struttura.....	19
9.2)	Materiali.....	19
9.3)	Sezioni.....	20
9.4)	Elemento frame (trave e pilastro, trave di fondazione) .....	20
9.5)	Elemento boundary (vincolo) .....	22
10)	Verifiche di opere in cemento armato con il metodo degli stati limite .....	24
10.1)	Travi, pilastri, e travi di fondazione.....	24
11)	Dati modello .....	27
12)	Verifiche di opere in cemento armato con il metodo DM17/01/18 con integrazione dell'eurocodice 2 .....	40
12.1)	Combinazioni di verifica.....	40
12.2)	Verifica travi.....	43
12.2.1)	Verifica dettagliata.....	43
12.2.2)	Verifica sintetica aste.....	45
13)	Pressione sulla fondazione .....	48
14)	Calcolo della capacità portante .....	49
15)	Verifica degli elementi non strutturali.....	52
16)	Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2).....	53
16.1)	Tipo di analisi svolta.....	53
16.2)	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo .....	53
16.3)	Affidabilità dei codici di calcolo .....	53
16.4)	Modalità di presentazione dei risultati.....	53
16.5)	Presentazione del software .....	54
16.5.1)	Ogni tipo di carico, carichi mobili, linee e superficie di influenza.....	55
16.5.2)	Analisi rispondenti ad Eurocodici e Normativa Italiana .....	55
16.5.3)	Verifica di strutture esistenti in muratura, calcestruzzo, acciaio e legno .....	56
16.5.4)	Analisi della Costruzione per Fasi .....	56
16.5.5)	Precompressione gestita in modo completo .....	56
16.5.6)	Interazione terreno-struttura .....	57
16.6)	Informazioni generali sull'elaborazione.....	57
16.7)	Validazione dei codici.....	57
16.8)	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	64

## 1) Premessa

Nell'ambito dei lavori di manutenzione straordinaria e ampliamento della scuola secondaria di I° grado statale del comune di Villafranca Piemonte è prevista la realizzazione di una nuova struttura prefabbricata adibita a mensa e refettorio.

Oggetto della presente relazione è l'intervento di realizzazione delle fondazioni della struttura prefabbricata, da realizzarsi presso la scuola secondaria di I° grado sita nel Comune di Villafranca Piemonte, in Via Campra n 1.

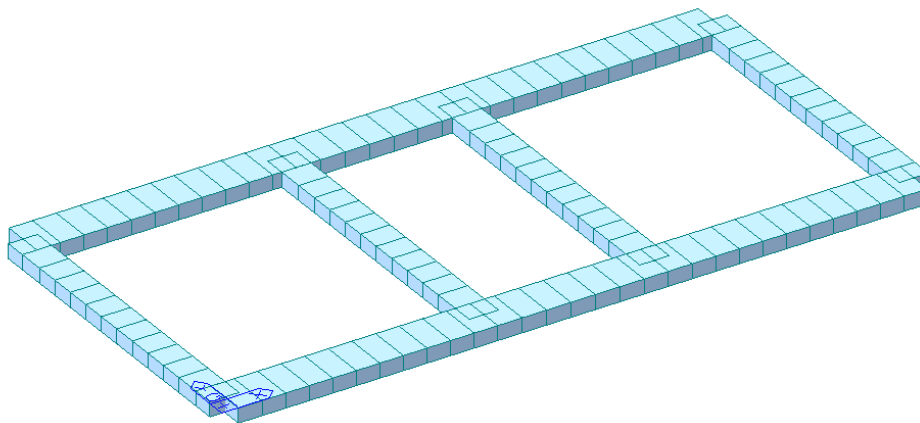
La struttura in elevazione prevede n. 8 pilastri prefabbricati di sezione 50x50 cm e copertura anch'essa prefabbricata.

La fondazione è costituita da un graticcio di travi con sezione 180x60 per le travi principali poste al ditto dei pilastri e con sezione 120x60 per le travi di collegamento.

La struttura di fondazione presenta una dimensione in pianta pari a 29,48 x 14,78 m. All'esterno delle travi di fondazione verrà realizzato una soletta in c.a. a sostegno del marciapiede di spessore 15 cm.

Per il dimensionamento della platea di fondazione sono state considerate le reazioni vincolari della struttura prefabbricata sovrastante, fornite dal progettista della stessa.

Le opere di fondazione in c.a. verranno gettate in opera.



*Modellazione della platea di fondazione*

## 1. Ubicazione della struttura

Localizzazione dell'intervento: Villafranca Piemonte (TO), Via Campra n. 1

Coordinate Gps :

Latitudine : 44.781250

Longitudine: 7.4497219

Zona sismica del sito : 3

Categoria del sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Amplificazione stratigrafica Ss: 1,449

Amplificazione topografica ST: 1,00

## **2) Normativa di riferimento**

### **2.1) Struttura**

**D.M. 17 gennaio 2018** - Norme tecniche per le costruzioni

**Circolare 21 febbraio 2019, n°7** – Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento dell norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018

**UNI EN 1990: 2004 - Eurocodice 1** – Criteri generali di progettazione strutturale.

**UNI ENV 1991-1-1: 2004; -1-2; 1-3; 1.5 ; UNI ENV 1991-2-4: 1997** - Azioni sulla struttura.

**Eurocodice 2** - Progettazione delle strutture in calcestruzzo.

**UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1:** Regole generali e regole per gli edifici.

### **2.2) Carichi e sovraccarichi**

**D.M. 17 gennaio 2018** - Norme tecniche per le costruzioni

**Circolare 21 febbraio 2019, n°7** – Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento dell norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018

### **2.3) Terreni e fondazioni**

**D.M. 17 gennaio 2018** - Norme tecniche per le costruzioni

**Circolare 21 febbraio 2019, n°7** – Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento dell norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018

### 3) Materiali utilizzati

I materiali sono individuati da un codice specifico e descritti dal modulo di elasticità, dal coefficiente di Poisson, dal peso specifico, dal coefficiente di dilatazione termica. Si può modellare qualsiasi tipologia di materiale quale calcestruzzo, acciaio, legno, vetro, muratura, materiale definito dall'utente isotropo ed ortotropo .

L'ortotropia di una struttura bidimensionale può essere gestita o attraverso l'ortotropia del materiale o attraverso la geometria stessa della struttura. MIDAS tiene conto delle caratteristiche reologiche dei materiali: VISCOSITA', RITIRO, variazione di resistenza a compressione del calcestruzzo, rilassamento dell'acciaio di precompressione; caratteristiche di plasticità (VON MISES, TRESCA, MOHR-COULOMB, DRUCKER PRAGHER) .

I materiali costruttivi impiegati sono rispondenti ai requisiti imposti dalla norma al par.4.1, al par. 7.4.2 ed al cap.11. Nei tabulati di calcolo sono specificate le singole caratteristiche dei materiali utilizzati.

#### 3.1) Conglomerato cementizio

##### 3.1.1) Qualità dei componenti

La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine. La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 16 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione. In definitiva gli inerti dovranno essere lavati ed esenti da corpi terrosi ed organici. Non sarà consentito assolutamente il misto di fiume. L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere potabile, priva di sali (cloruri e solfuri). Potranno essere impiegati additivi fluidificanti o superfluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria.

##### 3.1.2) Prescrizione per inerti

Sabbia viva 0-7 mm, pulita, priva di materie organiche e terrose; sabbia fino a 30 mm (70mm per fondazioni), non geliva, lavata; pietrisco di roccia compatta.

Assortimento granulometrico in composizione compresa tra le curve granulometriche sperimentali:

- passante al vaglio di mm 16 = 100%
- passante al vaglio di mm 8 = 88-60%
- passante al vaglio di mm 4 = 78-36%
- passante al vaglio di mm 2 = 62-21%
- passante al vaglio di mm 1 = 49-12%
- passante al vaglio di mm 0.25 = 18-3%

##### 3.1.3) Prescrizione per il disarmo

Indicativamente: pilastri 3-4 giorni; solette modeste 10-12 giorni; travi, archi 24-25 giorni, mensole 28 giorni.



Per ogni porzione di struttura, il disarmo non può essere eseguito se non previa autorizzazione della Direzione Lavori.

### 3.1.4) Prospetto 1 – UNI 11104:2004

Denom. della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione	UNI 9858	A/C MAX	R'ck min.	Dos. Min. Cem. KG.
<b>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>						
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto ad cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasioni, gelo o attacco chimico	1	---	15	---
<b>2 Corrosione indotta da carbonatazione</b> Nota – Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro e nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante, in questi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo ed il suo ambiente.						
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa o immerse in acqua	2a	0,60	30	300
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	2a	0,60	30	300
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia o in interni con umidità da moderata ad alta	5a	0,55	35	320
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette ad alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani.	4a, 5b	0,50	40	340
<b>3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</b>						
XD1	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri	5a	0,55	35	320
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua industriali contenente cloruri (piscine)	4a, 5b	0,50	40	340
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	5c	0,45	45	360
<b>4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>						
XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità	4a, 5b	0,50	40	340
XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersa in acqua	5c	0,45	45	360
XS3	Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battaglia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare	5c	0,45	45	360
<b>5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti *(NB XF2 – XF3 – XF4 contenuto minimo aria 3%)</b>						
XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate o colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua	4a, 5b	0,50	40	320
XF2*	Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti	3, 4b	0,50	30	340
XF3*	Elevata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo	2b, 4b	0,50	30	340
XF4*	Elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto od indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare	3, 4b	0,45	35	360
<b>6 Attacco chimico **)</b>						
XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acqua reflue	5a	0,55	35	320
XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi	5b	0,50	40	340

XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acqua industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquami provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi e gas di scarico industriali.	5c	0,45	45	360
-----	---	--	----	------	----	-----

\*) il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione: *moderato* occasionalmente gelato in condizioni di saturazione; elevato alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.  
 \*\*) da parte di acque del terreno o acqua fluenti

### 3.1.5) Prospetto 4. - UNI 11104:2004

Classi di esposizione																		
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo			Ambiente aggressivo per attacco chimico			
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2
Massimo rapporto a/c	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	
Minima classe di resistenza <sup>a)</sup>	C12/15	C25/30	C28/35	C32/40	C32/40	C35/45	C28/35	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30	C28/35	C28/35	C32/40	C35/45	C28/35	C32/40	C35/45
Minimo contenuto in cemento (kg/m <sup>3</sup> )	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)														3,0 <sup>a)</sup>				
Altri requisiti														Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo			È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati <sup>b)</sup>	

\*) Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondazioni e ricoprimenti. Per tale classe dovrebbero essere definite le prescrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi.  
 a) Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI 7087, per la relativa classe di esposizione.  
 b) Qualora la presenza di solfati comporti le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.

In funzione della classe di resistenza, nei calcoli, si sono adottate le seguenti tensioni di progetto, coerentemente con quanto disposto ai §4.1.2.1.1 del D.M.17.01.2018:

Classe	Rck	fck	fcd	fcmm	fctm	fctk0,05	fctd	fbd
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
C12/15	15	12	6,8	20	1,6	1,1	0,7	1,7
C16/20	20	16	9,1	24	1,9	1,3	0,9	2,0
C20/25	25	20	11,3	28	2,2	1,5	1,0	2,3
C25/30	30	25	14,2	33	2,6	1,8	1,2	2,7
C28/35	35	28	15,9	36	2,8	1,9	1,3	2,9
C32/40	40	32	18,1	40	3,0	2,1	1,4	3,2
C35/45	45	35	19,8	43	3,2	2,2	1,5	3,4
C40/50	50	40	22,7	48	3,5	2,5	1,6	3,7
C45/55	55	45	25,5	53	3,8	2,7	1,8	4,0
C50/60	60	50	28,3	58	4,1	2,9	1,9	4,3

### 3.1.6) Conglomerato per getti non armati

Per il getto di pulizia si prescrive l'impiego di calcestruzzo magro a 2 kN/m<sup>2</sup> con sbordo e spessore di almeno 10 cm per tutte le strutture di fondazione.

### 3.1.7) Copriferro nominale

Copriferro minimo per soddisfare i requisiti di aderenza, durabilità ed eventuale resistenza al fuoco (secondo E.C.2 – Parte 1-1 - §4.4.1):

$$c_{nom} [mm] = c_{min} + \Delta c = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; c_{min,fuoco}) + 5 \text{ mm};$$

$c_{min,b} = \varnothing \cdot \sqrt{n_b}$  = copriferro minimo per garantire l'aderenza, pari al diametro per il numero di barre nel caso di eventuale gruppo di barre;

$c_{min,fuoco}$  = garantisce la resistenza all'incendio (gli spessori sono riportati in EN 1992-1-2 nel D.M. 16.02.07);

$c_{min,dur}$  = copriferro minimo per garantire la durabilità dell'opera, in funzione delle classi di esposizione (vedere tabella seguente).

Nella tabella seguente sono riassunti i valori dei prospetti 4.4N e 4.5N dell'EC2, che si riferiscono a strutture con vita utile di 50 e 100 anni.

CLASSE D'ESPOSIZIONE AMBIENTALE	SPESSORE MINIMO DI COPRIFERRO ( $c_{min,dur}$ )			
	VITA UTILE 50 ANNI		VITA UTILE 100 ANNI	
	C.A.	C.A.P.	C.A.	C.A.P.
X0	10	10	20	20
XC1	15	25	25	35
XC2, XC3	25	35	35	45
XC4	30	40	40	50
XS1, XD1	35	45	45	55
XS2, XD2	40	50	50	60
XS3, XD3	45	55	55	65

*Spessori minimi del copriferro secondo i prospetti 4.4N e 4.5N dell'EC 2:2005*

Per classe XC1:

$$c_{nom} [mm] = c_{min} + \Delta c = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; c_{min,fuoco}) + 5 \text{ mm} = 20 \text{ mm};$$

per classe XC2 / XC3:

$$c_{nom} [mm] = c_{min} + \Delta c = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; c_{min,fuoco}) + 5 \text{ mm} = 30 \text{ mm}.$$

### 3.1.8) Diametro massimo aggregati

Come diametro massimo degli aggregati negli impasti, si adatterà per i getti di:

travi, solai e solette:  $D_{max} < 15 \text{ mm}$

pilastrini e setti:  $D_{max} < 20 \text{ mm};$

plinti, travi di fondazione:  $D_{max} < 32 \text{ mm};$

magrone:

 $D_{max} < 30 \text{ mm.}$ 

## 3.2) Barre di armatura per cemento armato ordinario

### 3.2.1) Caratteristiche meccaniche

L'acciaio per cemento armato B450C è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

Tabella 11.3.Ia

$f_{y \text{ nom}}$	450 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t \text{ nom}}$	540 N/mm <sup>2</sup>

Modulo elastico acciaio armatura lenta:  $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Tensione di progetto (§4.1.2.1.1 – D.M.17.01.2018):  $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_M = 391.3 \text{ N/mm}^2$

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente Tab. 11.3.Ib:

Tabella 11.3.Ib

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{y \text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t \text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	10.0
$(f_y/f_{ynom})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$ :	$\geq 7,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 $\phi$	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 $\phi$	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 $\phi$	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 $\phi$	

### 3.2.2) Peculiarità di impiego

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

Gli acciai B450C possono essere impiegati in barre di diametro  $\emptyset$  delle barre compreso tra 6 e 40 mm. L'uso di acciai B450C in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a  $\emptyset < 16 \text{ mm}$ .

### 3.2.3) Reti e tralicci elettrosaldati

Gli acciai delle reti e tralicci elettrosaldati devono essere saldabili. L'interasse delle barre non deve superare i 330 mm. Per le reti e i tralicci costituiti con acciaio B450C, gli elementi base devono avere diametro  $\phi$  che rispetta la limitazione  $6 \text{ mm} < \phi < 16 \text{ mm}$ . Per le reti e i tralicci costituiti con acciaio B450A, gli elementi base devono avere diametro  $\phi$  che rispetta la limitazione  $5 \text{ mm} < \phi < 10 \text{ mm}$  e rispettare le indicazioni della tabella 11.3.Ic.

Tabella 11.3.Ic

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{y \text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t \text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,05$ $< 1,25$	10.0
$(f_y/f_{y \text{ nom}})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$ :	$\geq 2,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a $90^\circ$ e successivo raddrizzamento senza cricche: $\phi < 10 \text{ mm}$	$4\phi$	

I nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata secondo quanto riportato nella UNI EN ISO 15630-2.

## 4) Prestazioni di progetto, classe della struttura, vita utile e procedure di qualità

Le prestazioni della struttura e le condizioni per la sua sicurezza sono state individuate comunemente dal progettista e dal committente. A tal fine è stata posta attenzione al tipo della struttura, al suo uso e alle possibili conseguenze di azioni anche variabili; particolare rilievo è stato dato alla sicurezza delle persone.

Risulta così definito l'insieme degli stati limite riscontrabili nella vita della struttura ed è stato accertato, in fase di dimensionamento, che essi non siano superati.

Altrettanta cura è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere adeguatamente realizzate solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera. Per quanto riguarda la durabilità si sono presi tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture, in considerazione dell'ambiente in cui l'opera dovrà vivere e dei cicli di carico a cui sarà sottoposta. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

In fase di costruzione saranno attuate severe procedure di controllo sulla qualità, in particolare per quanto riguarda materiali, componenti, lavorazione, metodi costruttivi.

Saranno seguiti tutti gli inderogabili suggerimenti previsti nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni".

## 4.1) Vita nominale [par. 2.4.1]

Per la struttura in oggetto è stata prevista una vita nominale  $V_N$  di 100 anni, nei quali la struttura sarà utilizzata per lo scopo di progettazione, purché sia soggetta a manutenzione ordinaria.

## 4.2) Classi d'uso [par. 2.4.2]

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o in un eventuale collasso, la struttura è stata considerata di CLASSE III, corrispondente a :

*“Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.”*

Essendo la struttura di fondazione a livello del piano di campagna, non è stata considerata l'azione sismica su di essa ed è perciò stata eseguita analisi statica.

# 5) Metodo di analisi

## 5.1) Analisi statica lineare

L'analisi statica lineare è la più comune e tradizionale delle analisi strutturali possibili. L'aggettivo statica sottintende che i carichi applicati non dipendono dal tempo o più esattamente variano molto lentamente tra l'istante iniziale di applicazione  $t_0$  e l'istante finale di osservazione  $t_f$  (carichi quasi-statici).

Ipotesizzando inoltre che la forza di reazione interna dipenda linearmente dagli spostamenti, attraverso una matrice di rigidezza costante  $K$  e che le forze esterne siano costituite da carichi indipendenti dallo spostamento, si ottiene l'equazione di equilibrio classica per i problemi quasi statici lineari

$$KU = F$$

dove  $K$  è la matrice di rigidezza,  $U$  è il vettore delle deformazioni nodali,  $F$  è il vettore dei carichi.

È bene ricordare che la linearità della risposta strutturale deriva da almeno due grandi semplificazioni: l'ipotesi di elasticità lineare del materiale (linearità materiale) e l'ipotesi di piccolezza degli spostamenti e delle deformazioni (linearità geometrica).

Note le deformazioni vengono calcolate le sollecitazioni.

# 6) Criteri di concezione e di schematizzazione strutturale, modellazione del terreno, proprietà dei materiali, efficacia del modello

La struttura e il suo comportamento sotto le azioni statiche e dinamiche è stata adeguatamente valutata, interpretata e trasferita nel modello che si caratterizza per la sua impostazione completamente tridimensionale. A tal fine ai nodi strutturali possono convergere diverse tipologie di elementi, che corrispondono nel codice numerico di calcolo in altrettante tipologie di elementi finiti. Travi e pilastri, ovvero componenti in cui una dimensione prevale sulle altre

---

due, vengono modellati con elementi “beam”, il cui comportamento può essere opportunamente perfezionato attraverso alcune opzioni quali quelle in grado di definire le modalità di connessione all'estremità. Eventuali elementi soggetti a solo sforzo normale possono essere trattati come elementi “truss” oppure con elementi “beam” opportunamente svincolati. Le pareti, le piastre, le platee ovvero in generale i componenti strutturali bidimensionali, con due dimensioni prevalenti sulla terza (lo spessore), sono stati modellati con elementi “plate” a comportamento flessionale e membranale. I vincoli con il mondo esterno vengono rappresentati, nei casi più semplici (apparecchi d'appoggio, cerniere, carrelli), con elementi in grado di definire le modalità di vincolo e le rigidità nello spazio. Questi elementi, coniugati con i precedenti, consentono di modellare i casi più complessi ma più frequenti di interazione con il terreno, realizzabile tipicamente mediante fondazioni, pali, platee nonché attraverso una combinazione di tali situazioni. Il comportamento del terreno è sostanzialmente rappresentato tramite una schematizzazione lineare alla Winkler, principalmente caratterizzabile attraverso una opportuna costante di sottofondo, che può essere anche variata nella superficie di contatto fra struttura e terreno e quindi essere in grado di descrivere anche situazioni più complesse. Nel caso dei pali il comportamento del terreno implica anche l'introduzione di vincoli per la traslazione orizzontale.

I parametri dei materiali utilizzati per la modellazione riguardano il modulo di Young, il coefficiente di Poisson, ma sono disponibili anche opzioni per ridurre la rigidità flessionale e tagliente dei materiali per considerare l'effetto di fenomeni fessurativi nei materiali.

Il calcolo viene condotto mediante analisi lineare, ma vengono considerati gli effetti del secondo ordine. La presenza di diaframmi orizzontali, se rigidi, nel piano viene gestita attraverso l'impostazione di un'apposita relazione fra i nodi strutturali coinvolti, che ne condiziona il movimento relativo. Relazioni analoghe possono essere impostate anche fra elementi contigui.

Si ritiene che il modello utilizzato sia rappresentativo del comportamento reale della struttura. Sono stati inoltre valutate tutti i possibili effetti o le azioni anche transitorie che possano essere significative e avere implicazione per la struttura.

## 7) Criteri per la misura della sicurezza

### 7.1) Metodo di calcolo agli stati limite

In generale ai fini della sicurezza sono stati adottati i criteri contemplati dal metodo semiprobabilistico agli stati limite. In particolare sono stati soddisfatti i requisiti per la sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica), allo stato limite di esercizio, nei confronti di eventuali azioni eccezionali. Per quanto riguarda le azioni sismiche verranno anche esaminate le deformazioni relative, che controllano eventuali danni alle opere secondarie e agli impianti.

Gli stati limite sono raggruppabili nelle seguenti categorie:

- Stati Limite Ultimi: Stato di superamento oltre il quale a seguito di crolli parziali o globali, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, è possibile compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;
- Stati Limite di Esercizio: Stato di superamento oltre il quale a seguito di eccessi di deformazioni e/o vibrazioni etc è compromessa la funzionalità dell'opera.

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso.

Il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

Per ognuno di essi il metodo consiste essenzialmente nel controllare che la risposta del sistema strutturale, prodotta dalle azioni di progetto  $F_d$ , in termini di sollecitazioni o deformazioni sia compatibile con i corrispondenti valori limite:

<b>SLU</b>	$S_d \leq R_d$
<b>SLE</b>	$D_d \leq D_{lim}$

Tab. 1 \_ Confronto domanda-capacità ai differenti stati limite



## 8) Presentazione del modello strutturale e sue proprietà

### 8.1) Schematizzazione delle azioni, condizioni e combinazioni di carico

Le azioni sono state schematizzate applicando i carichi previsti dalla norma. In particolare i carichi gravitazionali, derivanti dalle azioni permanenti o variabili, sono applicati in direzione verticale (ovvero – Z nel sistema globale di riferimento del modello). Le azioni del vento sono applicate prevalentemente nelle due direzioni orizzontali o ortogonalmente alla falda in copertura. Le azioni sismiche dinamiche, derivano dall'eccitazione delle masse assegnate alla struttura in proporzione ai carichi a cui sono associate per norma. I carichi sono suddivisi in più condizioni elementari di carico in modo da poter generare le combinazioni necessarie.

### 8.2) Carichi applicati alla struttura

- Static load case - condizioni elementari di carico; Condizioni di carico derivanti da combinazioni di carico; gestione di pesi propri, carichi nodali di qualsiasi tipo, cedimenti di supporti, carichi di qualsiasi tipo su elementi beam singoli e su elementi beam consecutivi con andamento lineare e parabolico;
- floor load – carichi di piano, pressione sugli elementi plate variabili da nodo a nodo, pressione idrostatica, definizione di pressione su aree di pertinenza che insistono su elementi plate, carichi da temperatura (sul sistema, sugli elementi, sui nodi, temperatura a gradiente, beam section temperatures), carichi di precompressione (pretesa, postesa, esterna), carichi laterali indotti da vento e forze sismiche statiche equivalenti, spettri di risposta, forzanti qualsiasi variabili nel tempo, carichi mobili di qualsiasi tipologia.

I carichi agenti sulla struttura possono essere suddivisi in carichi nodali e carichi elementari. I carichi nodali sono forze e coppie concentrate applicate ai nodi della discretizzazione. I carichi elementari sono forze, coppie e sollecitazioni termiche.

I carichi in luce sono individuati da un codice numerico, da un tipo e da una descrizione. Sono previsti carichi distribuiti trapezoidali riferiti agli assi globali ( $f_x, f_y, f_z, f_v$ ) e locali ( $f_x, f_y, f_z$ ), forze concentrate riferite agli assi globali ( $F_x, F_y, F_z, F_v$ ) o locali ( $F_x, F_y, F_z$ ), momenti concentrati riferiti agli assi locali ( $M_x, M_y, M_z$ ), momento torcente distribuito riferito all'asse locale  $x$  ( $m_x$ ), carichi termici ( $t_x, t_y, t_z$ ), descritti con i relativi parametri identificativi, aliquote inerziali comprese, rispetto al riferimento locale. I carichi in luce possono essere attribuiti solo a elementi finiti del tipo trave o trave di fondazione.

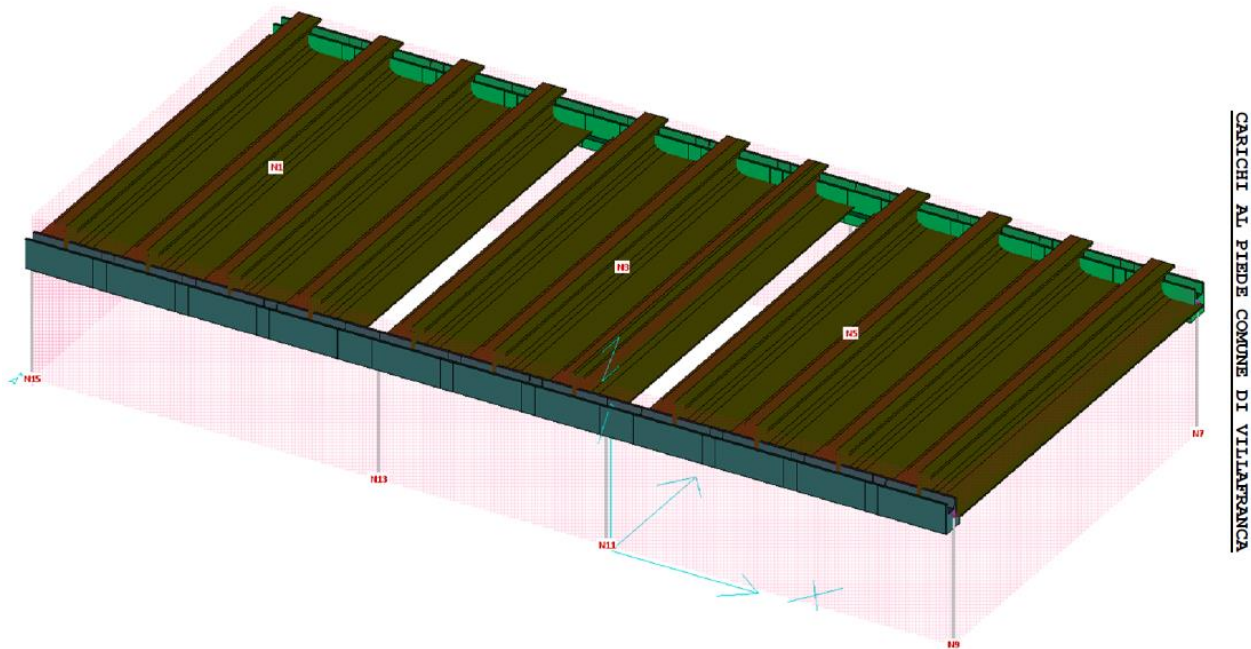
#### 8.2.1) Permanenti

Peso proprio cls

2500 kg/mc

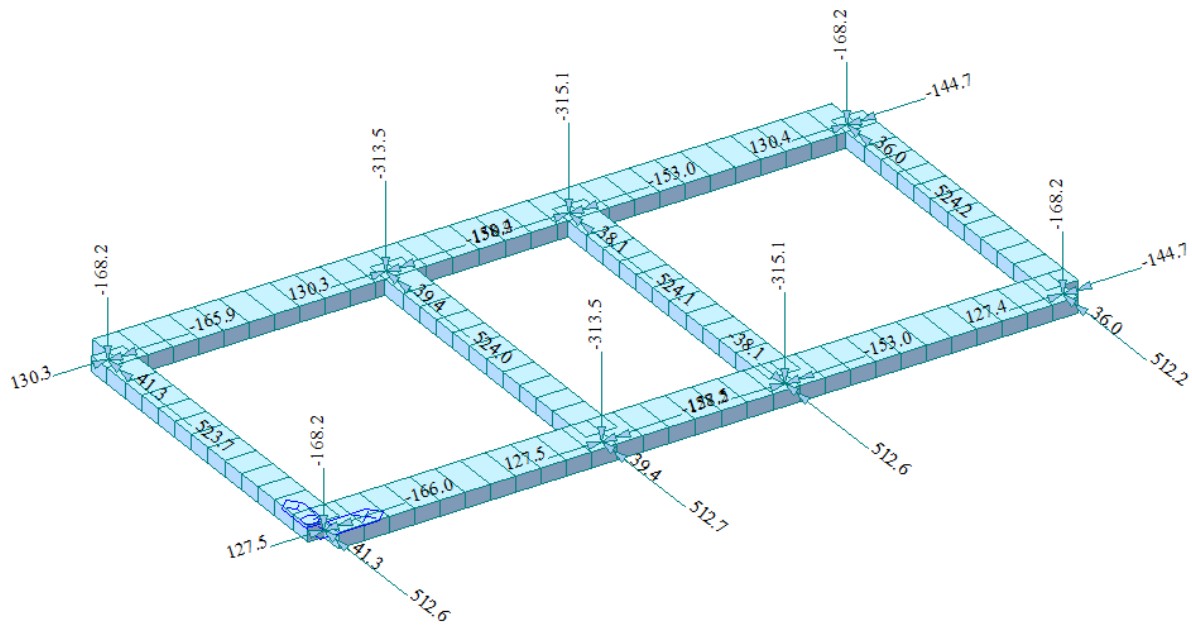
### 8.2.1) Carichi della struttura prefabbricata sovrastante

Sono state fornite dal progettista della struttura prefabbricata le azioni al piede delle colonne della stessa, numerate come mostra l'immagine che segue.



In forma tabellare sono stati forniti, per ogni nodo al piede della colonne i valori esercitati dalla struttura sui vincoli (reazioni vincolari) già combinati in accordo alle Norme tecniche.

La verifica della platea è stata condotta utilizzando le azioni agenti alla base delle colonne. Per le combinazioni sismiche si sono utilizzate le sollecitazioni incrementate del fattore 1,1 come prescritto dalla norma per la verifica delle strutture di fondazione.



Carichi nodali della sovrastruttura prefabbricata

### 8.3) Combinazioni di carico [par. 2.5.3]

Le combinazioni di carico s.l.u. statiche (in assenza di azioni sismiche) sono ottenute mediante diverse combinazioni dei carichi permanenti ed accidentali in modo da considerare tutte le situazioni più sfavorevoli agenti sulla struttura. I carichi vengono applicati mediante opportuni coefficienti parziali di sicurezza, considerando l'eventualità più gravosa per la sicurezza della struttura, secondo la formula fornita dal DM.17/01/2018:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

Le azioni sismiche sono valutate in conformità a quanto stabilito dalla norma DM.17/01/2018 e specificato nel paragrafo sulle azioni. La combinazione risulta:

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

In sede di dimensionamento vengono analizzate tutte le combinazioni, anche sismiche, impostate ai fini della verifica s.l.u.

Vengono anche processate le specifiche combinazioni di carico introdotte per valutare lo stato limite di esercizio (tensioni, fessurazione, deformabilità). La formula di combinazione risulta:

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

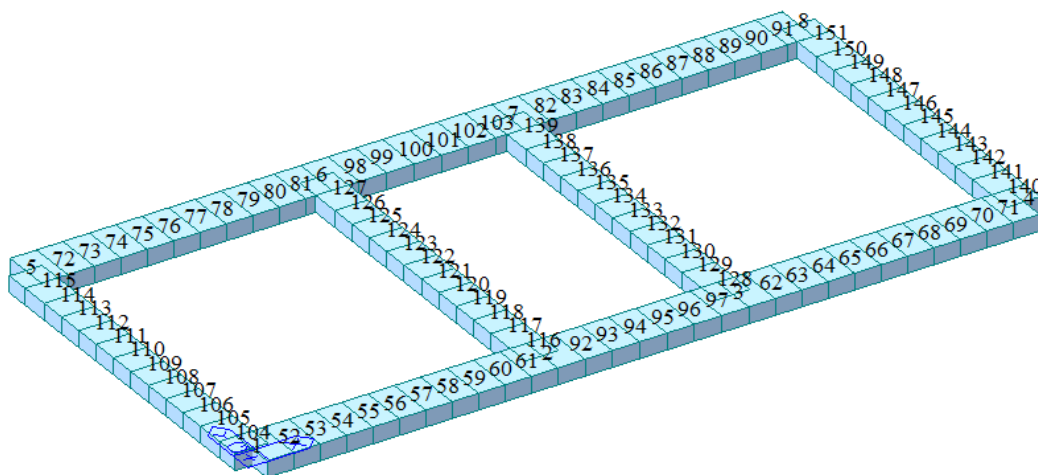
$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

## 9) Gli elementi finiti utilizzati nella modellazione

### 9.1) Nodi della struttura

La struttura è individuata da nodi riportati in coordinate. Ogni nodo possiede sei gradi di libertà, associati alle sei possibili deformazioni. I gradi di libertà possono essere liberi (spostamenti generalizzati incogniti), bloccati (spostamenti generalizzati corrispondente uguale a zero), di tipo slave o linked (il parametro cinematico dipende dalla relazione con altri gradi di libertà). Si può intervenire sui gradi di libertà bloccando uno o più gradi. I blocchi vengono applicate nella direzione della terna locale del nodo. Le relazioni complesse creano un legame tra uno o più gradi di libertà di un nodo detto slave con quelli di un altro nodo detto master. Esistono tre tipi di relazioni complesse.

Le relazioni di tipo link prescrivono l'uguaglianza tra gradi di libertà analoghi di nodi diversi. Specificare una relazione di tipo link significa specificare il nodo slave assieme ai gradi di libertà che partecipano al vincolo ed il nodo master. I gradi di libertà slave saranno eguagliati ai rispettivi gradi di libertà del nodo master.



*Numerazione nodi*

### 9.2) Materiali

I materiali sono individuati da un codice specifico e descritti dal modulo di elasticità, dal coefficiente di Poisson, dal

peso specifico, dal coefficiente di dilatazione termica. Si può modellare qualsiasi tipologia di materiale quale calcestruzzo, acciaio, legno, vetro, muratura, materiale definito dall'utente isotropo ed ortotropo .

L'ortotropia di una struttura bidimensionale può essere gestita o attraverso l'ortotropia del materiale o attraverso la geometria stessa della struttura. MIDAS tiene conto delle caratteristiche reologiche dei materiali: VISCOSITA', RITIRO, variazione di resistenza a compressione del calcestruzzo, rilassamento dell'acciaio di precompressione; caratteristiche di plasticità (VON MISES, TRESCA, MOHR-COULOMB, DRUCKER PRAGHER) .

Materiali calcestruzzo

### 9.3) Sezioni

Le sezioni sono individuate in ogni caso da un codice numerico specifico, dal tipo e dai relativi parametri identificativi.

ID	Type	Shape	Name	Area (m <sup>2</sup> )	Asy (m <sup>2</sup> )	Asz (m <sup>2</sup> )	Ixx (m <sup>4</sup> )	Iyy (m <sup>4</sup> )	Izz (m <sup>4</sup> )	Cyp (m)	Cym (m)	Czp (m)	Czm (m)
3	DB/User	SB	fond. 120x60	0.7200	0.6000	0.6000	0.0593	0.0216	0.0864	0.6000	0.6000	0.3000	0.3000
7	DB/User	SB	fond. 180x60	1.0800	0.9000	0.9000	0.1024	0.0324	0.2916	0.9000	0.9000	0.3000	0.3000

### 9.4) Elemento frame (trave e pilastro, trave di fondazione)

L'elemento frame implementa il modello della trave nello spazio tridimensionale. E' caratterizzato da 2 nodi principali I e J posti alle sue estremità ed un angolo  $\beta$  che serve solamente a fissare univocamente la posizione degli assi locali.

\* The arrows represent the positive (+) directions of element forces.

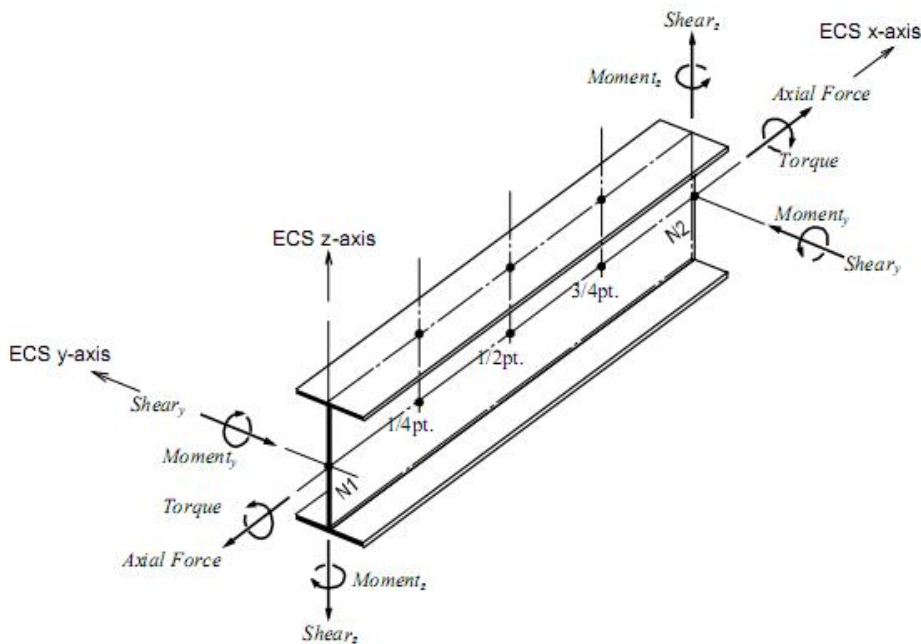


Figure 1.8 Sign convention for ECS and element forces (or stresses) of a beam element

L'elemento frame possiede 12 gradi di libertà.

Ogni elemento viene riferito a una terna locale destra  $x, y, z$ , come mostrato in figura. L'elemento frame supporta varie opzioni tra cui:

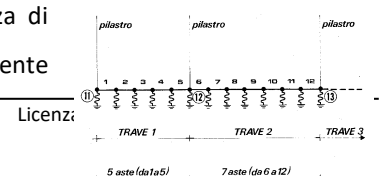
- deformabilità da taglio (travi tozze);
- sconessioni totali o parziali alle estremità;
- connessioni elastiche alle estremità;
- offsets, ovvero tratti rigidi eventualmente fuori asse alle estremità;
- suolo elastico alla Winkler nelle tre direzioni locali e a torsione.

L'elemento frame supporta i seguenti carichi:

- carichi distribuiti trapezoidali in tutte le direzioni locali o globali;
- sollecitazioni termiche uniformi e gradienti termici nelle due direzioni principali;
- forza concentrata in tutte le direzioni locali o globali applicata in un punto arbitrario;
- carichi generici mediante prescrizione delle reazioni di incastro perfetto.

Midas ha la possibilità di generare strutture di fondazione di qualsiasi tipo con interazione terreno struttura di tipo lineare (Winkler) e nonlineare (compression only). Le molle non lineari possono essere applicate ad elementi beam, plate e solid

L'elemento trave di fondazione è indicata la caratteristica del suolo, la larghezza di contatto con il terreno. Per la trave di fondazione il programma abilita automaticamente



solo i gradi di libertà relativi alla rotazione intorno agli assi globali X, Y e alla traslazione secondo Z, bloccando gli altri gradi di libertà. Ogni trave di fondazione è suddivisa in un numero adeguato di parti (aste). Ogni singola asta interagisce con il terreno mediante un elemento finito del tipo vincolo elastico alla traslazione verticale  $t_z$  convergente ai suoi nodi (vedi figura), il cui valore di rigidità viene determinato da programma moltiplicando la costante di sottofondo assegnata dall'utente per l'area di contatto con il terreno in corrispondenza del nodo.

I tipi di carichi ammessi sono solo di tipo distribuito  $f_z$ ,  $f_v$ ,  $f_y$ . Inoltre accade che:

$V_i=V_f$ ;  $d_i=df=0$ , ovvero il carico è di tipo rettangolare esteso per tutta la lunghezza della trave.

## 9.5) Elemento boundary (vincolo)

Midas gestisce:

- Support (Vincoli  $D_x, D_y, D_z, R_x, R_y, R_z$ )
- Point Spring (molle puntuali  $F_x, F_y, F_z, R_x, R_y, R_z$ ) applicate ai nodi,

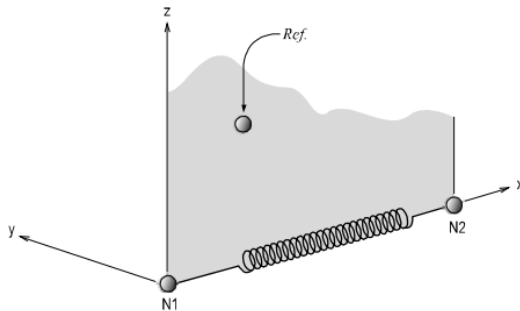
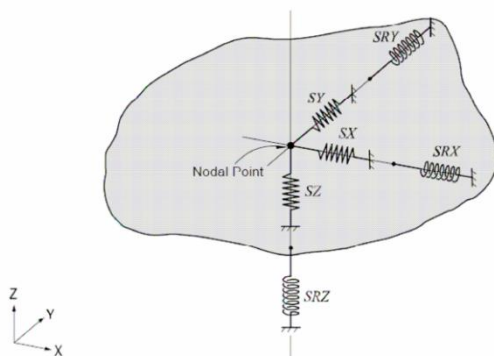


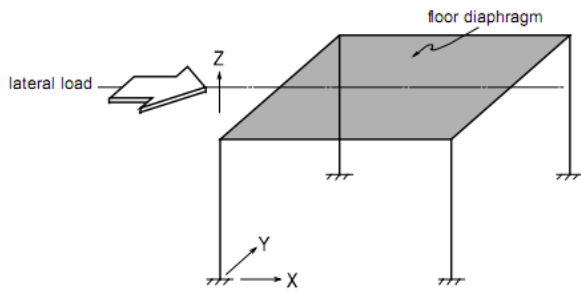
Figure 1.62 The ECS of an elastic link element connecting two nodes

- General Spring (molle generali accoppiate 6x6)
- Surface Spring, molle elastiche alla Winkler e molle non lineari (compression only) per elementi beam, plate, solid, Elastic link, General Link (molle non lineari, isolatori e smorzatori),



(a) Modeling of boundary condition using point spring supports

- Rigid Link



- Panel zone effect (effetti delle zone rigide di nodo)
- node local axis
- Beam end release ( $F_x, F_y, F_z, m_x, m_y, m_z$ ),
- Plate end release ( $f_x, f_y, f_z, m_y, m_z$ )
- Beam end offset



## 10) Verifiche di opere in cemento armato con il metodo degli stati limite

### 10.1) Travi, pilastri, e travi di fondazione

Fra le informazioni di testa per le travi è anche segnalata la componente del peso proprio e il carico medio. Per i soli pilastri oltre al numero strutturale dell'asta è anche indicato l'eventuale numero di pilastrata.

Le sollecitazioni sono riferite al sistema locale  $x, y, z$ . Vengono riportate, in ordine:

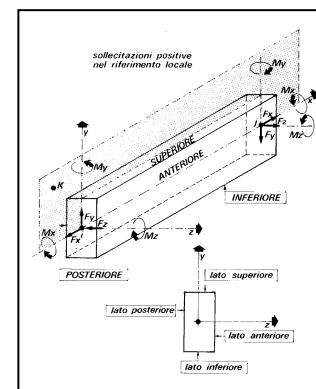
- numero combinazione di carico;
- ascissa di calcolo (cm);
- in sequenza  $F_x, F_y, F_z$  (F);  $M_x, M_y, M_z$  ( $F \cdot m$ ).

Per le travi e le fondazioni viene applicata la regola della traslazione. In particolare il momento flettente viene incrementato, dove richiesto, del prodotto di  $F_y$  (o  $F_z$ ) con  $0.9 \cdot d$ , dove  $d$  è l'altezza utile corrispondente.

Per elementi trave di fondazione  $F_x, F_z, M_y$  sono generalmente nulli.

Le convenzioni adottate sui segni delle sollecitazioni sono (vedi figura):

- $F_x$  (sforzo normale) è positivo se di trazione;
- $F_y$  (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra dell'ascissa interessata, nel verso positivo dell'asse locale corrispondente;
- $F_z$  (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra dell'ascissa interessata, nel verso negativo dell'asse locale corrispondente;
- $M_x$  (momento torcente) è positivo se antiorario intorno a  $x$  a sinistra dell'ascissa in esame;
- $M_y$  (momento flettente) è positivo se tende le fibre posteriori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse  $z$ ;
- $M_z$  (momento flettente) è positivo se tende le fibre inferiori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse  $y$ .



Compaiono poi nel tabulato gli ulteriori risultati:

- in sequenza, armatura posteriore, anteriore, inferiore, superiore ( $\text{cm}^2$ ); si noti che tali armature sono quelle totali. La sezione di due reggistaffe contribuisce in tutti e quattro i valori di armatura; per i pilastri circolari viene determinata e stampata l'armatura totale distribuita uniformemente su tutta la circonferenza;
- campo (di rottura): rappresenta il campo di rottura determinato dalla procedura di verifica; nel caso delle travi, qualora sia stata deselezionata la verifica a sforzo normale, il campo di rottura viene sostituito dal rapporto  $x/d$ ;
- indice di resistenza a presso-tensoflessione ( $F_x, M_y, M_z$ ): rappresenta il moltiplicatore delle sollecitazioni allo s.l.u., ovvero il rapporto fra la sollecitazione agente e quella resistente;
- indice di resistenza a taglio/torsione ( $F_y, F_z, M_x$ ) o indice di resistenza a taglio/torsione (Bielle) per NTC 2018: rappresenta l'indice di resistenza delle bielle compresse sollecitate a taglio e/o torsione;

- Indice di resistenza a taglio/torsione ( $V$ ,  $M_x$ ): rappresenta l'indice di resistenza "taglio e torsione" per elementi che non necessitano di armatura trasversale.
- Indice di resistenza a scorrimento: compare solo nel caso di setti calcolati con l'Ordinanza 3431 e NTC 2018 e riporta l'indice di resistenza che si ricava dal rapporto fra la resistenza a scorrimento (vedi § 5.4.5.2 dell'Ordinanza e § 7.4.4.5.2.2 delle NTC/2018) e la sollecitazione di taglio.
- $asw_t$ ,  $asw_o$ : in  $\text{cm}^2/\text{m}$  rappresenta l'area di armatura per unità di lunghezza derivante, rispettivamente, dall'effetto di taglio e torsione;
- passo staffe: in cm rappresenta il passo delle staffe derivante da  $asw_t$  e  $asw_o$  e dall'applicazione dei minimi di normativa.
- per i pilastri, nel caso NTC 2018, nelle colonne  $\alpha M_y$  e  $\alpha M_z$  vengono riportati i valori dei moltiplicatori delle sollecitazioni  $M_y$  ed  $M_z$  derivanti dal rispetto della gerarchia delle resistenze trave/pilastro.

Viene evidenziata, su una riga conclusiva apposita, l'involuppo delle armature in grado di resistere a tutte le situazioni. Per la sezione rettangolare viene riportata l'armatura aggiuntiva effettiva sui quattro lati, detraendo dall'armatura totale quella dei reggistaffe. Per la sezione circolare è invece sempre riportato il valore totale distribuito. Viene infine indicato il passo delle staffe calcolato o di normativa.

Alla fine del tabulato di progetto delle armature riguardante un'asta, se attivata l'opzione sulla combinazione dei carichi, la procedura propone uno specchietto che riepiloga nell'ordine:

- numero della combinazione di carico che dà luogo al momento massimo; tale sollecitazione può infatti derivare per effetto di una combinazione di carico spaziale di MasterSap (in questo caso viene riportato il relativo numero di combinazione o simbolo identificativo) o a causa della combinazione dei carichi permanenti e variabili o dell'eventuale momento di sicurezza (in questo secondo caso il contrassegno di combinazione è dato dal simbolo --);
- $x_{Mmax}$ ; ascissa dell'asta in cui si verifica il momento massimo positivo;
- $M_{max}$ ; valore del momento massimo positivo;
- $A_{inf}$ , D. inf agg.; armatura inferiore totale derivante dall'azione del momento massimo positivo, numero e diametro delle barre aggiuntive, come al solito, rispetto ai reggistaffe comunque presenti;
- $A_{sup}$ , D. sup agg.; valgono le stesse considerazioni di sopra, riferite all'armatura superiore;
- il rapporto  $x/d$  e l'indice di resistenza a flessione.

Nelle verifiche di esercizio per gli elementi vengono considerati i soli effetti del momento flettente  $M_z$ , ma per comodità dell'utente il tabulato riporta anche il valore delle altre sollecitazioni, incluse fra [ ] per significare che non entrano in gioco nella verifica. Per lo stesso motivo fra parentesi [ ] sono anche riportate le armature anteriori e posteriori.

- Apertura delle fessure  $w$  (mm): rappresenta l'ampiezza della fessura derivante dall'azione del momento flettente  $M_z$  all'ascissa indicata. La fessura si apre superiormente per  $M_z$  negativo, inferiormente per  $M_z$  positivo.

La freccia viene riportata nel prospetto specifico (che compare a fine trave) riguardante anche il momento massimo in campata.

Per i restanti tipi di elementi (pilastri e setti) viene effettuata la sola verifica delle tensioni di esercizio (non compaiono pertanto risultati sull'apertura delle fessure e sulla freccia). La sezione viene trattata a presso-tensoflessione, trascurando in questo caso l'eventuale contributo del calcestruzzo a trazione. Vengono ignorate agli effetti della verifica le sollecitazioni torcenti e di taglio, comunque riportate fra [ ] nei tabulati per memoria.

Se si verifica la necessità di armare a punzonamento le travi o le fondazioni viene determinata la sezione complessiva delle barre piegate, che andranno disposte parallelamente alle staffe della trave.

Vengono indicate:

- asta: numero dell'asta oggetto di verifica;
- ascissa  $x$  (cm): ascissa dell'asta;
- taglio: valore dell'azione di taglio complessiva agente al nodo;
- carico limite di punzonamento;
- coefficiente di sicurezza al punzonamento;
- armatura piegati a punzonamento ( $\text{cm}^2$ ), eventuale.

#### Considerazioni per l'analisi dinamica.

I risultati dinamici considerati sono quelli ottenuti per inviluppo, a seconda della modalità scelta. Si possono generare diverse combinazioni risultanti (sovrapposizione degli effetti statici e degli effetti dinamici) indicate nei tabulati con delle lettere.

Per quanto riguarda gli effetti dinamici si tenga presente che il segno degli inviluppi è sempre positivo e che le norme impongono che tali risultati siano considerati anche con segno opposto.

## 11)Dati modello

### < Control Data >

\*\*\* CONTROL DATA

Panel Zone Effect : Auto, Offset Factor , 0.5, Output Position , Offset Position  
 Unit System : KN, M  
 Definition of Frame  
 - X Direction of Frame : Unbraced I Sway  
 - Y Direction of Frame : Unbraced I Sway  
 - Design Type : 3-D  
 Design Code  
 - Steel : Eurocode3:05  
 - Concrete : Eurocode2:04  
 - SRC : SSRC79

### < Static Loadcase >

\*\*\* LOAD CASE DATA

NO	NAME	TYPE	SELF WEIGHT		FACTOR	DESCRIPTION
			X	Y		
1	PP	D	0.000	0.000	-1.000	
2	Perm	D	0.000	0.000	0.000	
3	Var	L	0.000	0.000	0.000	
4	Neve	S	0.000	0.000	0.000	
5	SLU_Vento +x	USER	0.000	0.000	0.000	
6	SLU_Vento -x	USER	0.000	0.000	0.000	
7	SLU_Vento +y	USER	0.000	0.000	0.000	
8	SLU_Vento -y	W	0.000	0.000	0.000	
9	SLU_Fond_sismaX_1	USER	0.000	0.000	0.000	
10	SLU_Fond_sismaX_2	USER	0.000	0.000	0.000	
11	SLU_Fond_sismaX_3	USER	0.000	0.000	0.000	
12	SLU_Fond_sismaX_4	USER	0.000	0.000	0.000	
13	SLU_Fond_sismaX_5	USER	0.000	0.000	0.000	
14	SLU_Fond_sismaX_6	USER	0.000	0.000	0.000	
15	SLU_Fond_sismaX_7	USER	0.000	0.000	0.000	
16	SLU_Fond_sismaX_8	USER	0.000	0.000	0.000	
17	SLU_Fond_sismaX_9	USER	0.000	0.000	0.000	
18	SLU_Fond_sismaX_10	USER	0.000	0.000	0.000	
19	SLU_Fond_sismaX_11	USER	0.000	0.000	0.000	
20	SLU_Fond_sismaX_12	USER	0.000	0.000	0.000	
21	SLU_Fond_sismaX_13	USER	0.000	0.000	0.000	
22	SLU_Fond_sismaX_14	USER	0.000	0.000	0.000	
23	SLU_Fond_sismaX_15	USER	0.000	0.000	0.000	
24	SLU_Fond_sismaX_16	USER	0.000	0.000	0.000	
25	SLU_Fond_sismaY_1	USER	0.000	0.000	0.000	
26	SLU_Fond_sismaY_2	USER	0.000	0.000	0.000	
27	SLU_Fond_sismaY_3	USER	0.000	0.000	0.000	
28	SLU_Fond_sismaY_4	USER	0.000	0.000	0.000	
29	SLU_Fond_sismaY_5	USER	0.000	0.000	0.000	
30	SLU_Fond_sismaY_6	USER	0.000	0.000	0.000	
31	SLU_Fond_sismaY_7	USER	0.000	0.000	0.000	
32	SLU_Fond_sismaY_8	USER	0.000	0.000	0.000	
33	SLU_Fond_sismaY_9	USER	0.000	0.000	0.000	
34	SLU_Fond_sismaY_10	USER	0.000	0.000	0.000	
35	SLU_Fond_sismaY_11	USER	0.000	0.000	0.000	
36	SLU_Fond_sismaY_12	USER	0.000	0.000	0.000	
37	SLU_Fond_sismaY_13	USER	0.000	0.000	0.000	
38	SLU_Fond_sismaY_14	USER	0.000	0.000	0.000	
39	SLU_Fond_sismaY_15	USER	0.000	0.000	0.000	
40	SLU_Fond_sismaY_16	USER	0.000	0.000	0.000	

### < Node >

\*\*\* NODE DATA

NO	X	Y	Z	TEMPERATURE
1	0	0	0	0
2	10.64	0	0	0
3	17.64	0	0	0
4	28.28	0	0	0
5	0	12.98	0	0
6	10.64	12.98	0	0
7	17.64	12.98	0	0
8	28.28	12.98	0	0
52	0.9673	0	0	0
53	1.935	0	0	0

54	2.902	0	0	0
55	3.869	0	0	0
56	4.836	0	0	0
57	5.804	0	0	0
58	6.771	0	0	0
59	7.738	0	0	0
60	8.705	0	0	0
61	9.673	0	0	0
62	18.61	0	0	0
63	19.57	0	0	0
64	20.54	0	0	0
65	21.51	0	0	0
66	22.48	0	0	0
67	23.44	0	0	0
68	24.41	0	0	0
69	25.38	0	0	0
70	26.35	0	0	0
71	27.31	0	0	0
72	0.9673	12.98	0	0
73	1.935	12.98	0	0
74	2.902	12.98	0	0
75	3.869	12.98	0	0
76	4.836	12.98	0	0
77	5.804	12.98	0	0
78	6.771	12.98	0	0
79	7.738	12.98	0	0
80	8.705	12.98	0	0
81	9.673	12.98	0	0
82	18.61	12.98	0	0
83	19.57	12.98	0	0
84	20.54	12.98	0	0
85	21.51	12.98	0	0
86	22.48	12.98	0	0
87	23.44	12.98	0	0
88	24.41	12.98	0	0
89	25.38	12.98	0	0
90	26.35	12.98	0	0
91	27.31	12.98	0	0
92	11.64	0	0	0
93	12.64	0	0	0
94	13.64	0	0	0
95	14.64	0	0	0
96	15.64	0	0	0
97	16.64	0	0	0
98	11.64	12.98	0	0
99	12.64	12.98	0	0
100	13.64	12.98	0	0
101	14.64	12.98	0	0
102	15.64	12.98	0	0
103	16.64	12.98	0	0
104	0	0.8985	0	0
105	0	1.997	0	0
106	0	2.995	0	0
107	0	3.994	0	0
108	0	4.992	0	0
109	0	5.991	0	0
110	0	6.989	0	0
111	0	7.988	0	0
112	0	8.986	0	0
113	0	9.985	0	0
114	0	10.98	0	0
115	0	12.08	0	0
116	10.64	0.8985	0	0
117	10.64	1.997	0	0
118	10.64	2.995	0	0
119	10.64	3.994	0	0
120	10.64	4.992	0	0
121	10.64	5.991	0	0
122	10.64	6.989	0	0
123	10.64	7.988	0	0
124	10.64	8.986	0	0
125	10.64	9.985	0	0
126	10.64	10.98	0	0
127	10.64	12.08	0	0
128	17.64	0.8985	0	0
129	17.64	1.997	0	0
130	17.64	2.995	0	0
131	17.64	3.994	0	0
132	17.64	4.992	0	0
133	17.64	5.991	0	0
134	17.64	6.989	0	0
135	17.64	7.988	0	0
136	17.64	8.986	0	0
137	17.64	9.985	0	0
138	17.64	10.98	0	0

139	17.64	12.08	0	0
140	28.28	0.8985	0	0
141	28.28	1.997	0	0
142	28.28	2.995	0	0
143	28.28	3.994	0	0
144	28.28	4.992	0	0
145	28.28	5.991	0	0
146	28.28	6.989	0	0
147	28.28	7.988	0	0
148	28.28	8.986	0	0
149	28.28	9.985	0	0
150	28.28	10.98	0	0
151	28.28	12.08	0	0

## &lt; Boundary &gt;

\*\* SUPPORT / SPECIFIED DISPLACEMENT

NODE	SUPPORT DDDRRR	SPECIFIED DISPLACEMENT					
		Dx	Dy	Dz	Rx	Ry	Rz
1	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
52	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
53	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
54	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
55	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
56	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
57	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
58	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
59	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
61	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
62	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
63	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
64	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
65	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
66	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
67	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
68	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
69	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
71	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
72	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
73	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
74	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
75	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
76	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
77	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
78	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
79	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
81	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
82	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
83	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
84	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
85	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
86	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
87	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
88	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
89	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
91	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
92	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
93	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
94	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
95	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
96	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
97	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
98	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
99	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
101	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
102	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
103	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
104	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
105	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
106	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

107	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
108	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
109	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
111	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
112	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
113	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
114	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
115	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
116	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
117	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
118	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
119	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
121	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
122	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
123	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
124	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
125	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
126	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
127	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
128	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
129	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
131	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
132	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
133	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
134	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
135	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
136	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
137	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
138	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
139	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
141	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
142	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
143	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
144	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
145	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
146	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
147	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
148	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
149	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
151	110000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

## &lt; Beam &gt;

\*\*\* BEAM MEMBER DATA

	NO NODAL CONNECTIVITY		BEAM END RELEASE		MATERIAL	SECTION	LENGTH
	I	J	I	J			
9	1	52	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
10	2	92	-	-	C20/25	fond. 180x60	1
11	3	62	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
12	5	72	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
13	6	98	-	-	C20/25	fond. 180x60	1
14	7	82	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
15	1	104	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.8985
16	2	116	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.8985
17	3	128	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.8985
18	4	140	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.8985
69	52	53	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
70	53	54	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
71	54	55	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
72	55	56	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
73	56	57	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
74	57	58	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
75	58	59	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
76	59	60	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
77	60	61	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
78	61	2	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
79	62	63	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
80	63	64	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
81	64	65	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
82	65	66	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
83	66	67	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
84	67	68	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
85	68	69	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
86	69	70	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
87	70	71	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
88	71	4	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
89	72	73	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673

90	73	74	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
91	74	75	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
92	75	76	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
93	76	77	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
94	77	78	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
95	78	79	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
96	79	80	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
97	80	81	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
98	81	6	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
99	82	83	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
100	83	84	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
101	84	85	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
102	85	86	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
103	86	87	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
104	87	88	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
105	88	89	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
106	89	90	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
107	90	91	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
108	91	8	-	-	C20/25	fond. 180x60	0.9673
109	92	93	-	-	C20/25	fond. 180x60	1
110	93	94	-	-	C20/25	fond. 180x60	1
111	94	95	-	-	C20/25	fond. 180x60	1
112	95	96	-	-	C20/25	fond. 180x60	1
113	96	97	-	-	C20/25	fond. 180x60	1
114	97	3	-	-	C20/25	fond. 180x60	1
115	98	99	-	-	C20/25	fond. 180x60	1
116	99	100	-	-	C20/25	fond. 180x60	1
117	100	101	-	-	C20/25	fond. 180x60	1
118	101	102	-	-	C20/25	fond. 180x60	1
119	102	103	-	-	C20/25	fond. 180x60	1
120	103	7	-	-	C20/25	fond. 180x60	1
121	104	105	-	-	C20/25	fond. 120x60	1.098
122	105	106	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
123	106	107	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
124	107	108	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
125	108	109	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
126	109	110	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
127	110	111	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
128	111	112	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
129	112	113	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
130	113	114	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
131	114	115	-	-	C20/25	fond. 120x60	1.098
132	115	5	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.8985
133	116	117	-	-	C20/25	fond. 120x60	1.098
134	117	118	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
135	118	119	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
136	119	120	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
137	120	121	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
138	121	122	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
139	122	123	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
140	123	124	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
141	124	125	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
142	125	126	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
143	126	127	-	-	C20/25	fond. 120x60	1.098
144	127	6	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.8985
145	128	129	-	-	C20/25	fond. 120x60	1.098
146	129	130	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
147	130	131	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
148	131	132	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
149	132	133	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
150	133	134	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
151	134	135	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
152	135	136	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
153	136	137	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
154	137	138	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
155	138	139	-	-	C20/25	fond. 120x60	1.098
156	139	7	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.8985
157	140	141	-	-	C20/25	fond. 120x60	1.098
158	141	142	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
159	142	143	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
160	143	144	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
161	144	145	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
162	145	146	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
163	146	147	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
164	147	148	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
165	148	149	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
166	149	150	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.9985
167	150	151	-	-	C20/25	fond. 120x60	1.098
168	151	8	-	-	C20/25	fond. 120x60	0.8985

&lt; Weight/Volume/Surface area of all member &gt;

\*\*\* TOTAL WEIGHT / VOLUME / SURFACE AREA SUMMARY



SECTION NO	SECCION NAME	SURFACE AREA	VOLUME	WEIGHT	FRAME NUMBER	TRUSS NUMBER
3	fond. 120x60	186.9	37.38	934.6	52	0
7	fond. 180x60	271.5	61.08	1527	58	0

## &lt; Load Combination &gt;

## \*\* GENERAL

NO	NAME	TYPE	ACTIVE	DESCRIPTION
1	SLU_Vento~	Add	ACTIVE	
2	SLU_Vento~	Add	ACTIVE	
3	SLU_Vento~	Add	ACTIVE	
4	SLU_Vento~	Add	ACTIVE	
5	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
6	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
7	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
8	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
9	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
10	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
11	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
12	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
13	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
14	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
15	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
16	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
17	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
18	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
19	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
20	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
21	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
22	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
23	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
24	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
25	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
26	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
27	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
28	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
29	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
30	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
31	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
32	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
33	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
34	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
35	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
36	SLU_Fond_~	Add	ACTIVE	
37	SLU-SLV_I~	Envelope	ACTIVE	

## \*\* CONCRETE DESIGN

NO	NAME	TYPE	ACTIVE	DESCRIPTION
1	SLU_Vento~	Add	STRENGTH	
2	SLU_Vento~	Add	STRENGTH	
3	SLU_Vento~	Add	STRENGTH	
4	SLU_Vento~	Add	STRENGTH	
5	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
6	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
7	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
8	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
9	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
10	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
11	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
12	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
13	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
14	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
15	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
16	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
17	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
18	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
19	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
20	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
21	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
22	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
23	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
24	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
25	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
26	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
27	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
28	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
29	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
30	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
31	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
32	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	
33	SLU_Fond_~	Add	STRENGTH	

```

34 SLU_Fond_~      Add  STRENGTH
35 SLU_Fond_~      Add  STRENGTH
36 SLU_Fond_~      Add  STRENGTH

```

## &lt; Self Weight &gt;

[ LOAD CASE : PP ]

; X=0, Y=0, Z=-1

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Vento +x ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	18.93	0.007845	-273.5	-0.03202	26.41	0
2	3.498	0.001961	-525.1	-0.007188	14.06	0
3	3.492	-0.001961	-527.2	0.008895	14.04	0
4	11.2	-0.007845	-273.4	0.03327	20.19	0
5	19.06	0.008826	-273.5	-0.03575	26.54	0
6	3.506	0.001961	-525.1	-0.009208	14.09	0
7	3.5	-0.001961	-527.2	0.007963	14.07	0
8	11.27	-0.008826	-273.4	0.03402	20.27	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Vento -x ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-18.93	-0.007845	-273.5	0.03202	-26.41	0
2	-3.498	-0.001961	-525.1	0.007188	-14.06	0
3	-3.492	0.001961	-527.2	-0.008895	-14.04	0
4	-11.2	0.007845	-273.4	-0.03327	-20.19	0
5	-19.06	-0.008826	-273.5	0.03575	-26.54	0
6	-3.506	-0.001961	-525.1	0.009208	-14.09	0
7	-3.5	0.001961	-527.2	-0.007963	-14.07	0
8	-11.27	0.008826	-273.4	-0.03402	-20.27	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Vento +y ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	0.01177	20.34	-273.5	-40.71	0.04595	0
2	0.003923	28.67	-525.1	-47.59	0.01718	0
3	-0.003923	28.67	-527.2	-47.59	-0.01735	0
4	-0.01177	20.34	-273.4	-40.71	-0.04611	0
5	-0.01177	13.96	-273.5	-35.58	0.04917	0
6	-0.004903	18.16	-525.1	-39.16	-0.01869	0
7	0.004903	18.16	-527.2	-39.16	0.01886	0
8	0.01275	13.96	-273.4	-35.58	0.04933	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Vento -y ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-0.01177	-20.34	-273.5	40.71	-0.04595	0
2	-0.003923	-28.67	-525.1	47.59	-0.01718	0
3	0.003923	-28.67	-527.2	47.59	0.01735	0
4	0.01177	-20.34	-273.4	40.71	0.04611	0
5	0.01177	-13.96	-273.5	35.58	-0.04917	0
6	0.004903	-18.16	-525.1	39.16	0.01869	0
7	-0.004903	-18.16	-527.2	39.16	-0.01886	0
8	-0.01275	-13.96	-273.4	35.58	-0.04933	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaX\_1 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	127.5	41.29	-168.2	-166	512.6	0
2	127.5	39.36	-313.5	-158.2	512.7	0
3	127.5	-38.06	-315.1	-153	512.6	0
4	127.4	36	-168.2	-144.7	512.2	0
5	130.3	41.28	-168.2	-165.9	523.7	0
6	130.3	39.36	-313.5	-158.2	524	0
7	130.4	38.06	-315.1	-153	524.1	0
8	130.4	36.01	-168.2	-144.7	524.2	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaX\_2 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	122.8	51.79	-168.2	-208.2	493.7	0
2	122.8	41.97	-313.5	-168.7	493.7	0
3	122.8	35.45	-315.1	-142.5	493.6	0
4	122.7	25.5	-168.2	-102.5	493.2	0
5	135	51.78	-168.2	-208.1	542.6	0
6	135.1	41.96	-313.5	-168.7	543	0
7	135.1	35.45	-315.1	-142.5	543.1	0
8	135.1	25.51	-168.2	-102.5	543.1	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaX\_3 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	127.3	-35.85	-168.2	144.1	511.9	0
2	127.4	-38.02	-313.5	152.8	512.3	0
3	127.5	-39.39	-315.1	158.4	512.4	0
4	127.4	-41.44	-168.2	166.6	512.3	0
5	130.5	-35.86	-168.2	144.2	524.4	0
6	130.4	-38.02	-313.5	152.8	524.4	0
7	130.4	-39.39	-315.1	158.4	524.3	0
8	130.3	-41.43	-168.2	166.5	524	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaX\_4 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	122.6	-25.35	-168.2	101.9	493	0
2	122.7	-35.41	-313.5	142.3	493.3	0
3	122.7	-42	-315.1	168.9	493.4	0
4	122.7	-51.93	-168.2	208.8	493.4	0
5	135.2	-25.36	-168.2	102	543.3	0
6	135.2	-35.41	-313.5	142.4	543.4	0
7	135.1	-42	-315.1	168.8	543.2	0
8	135	-51.92	-168.2	208.7	542.9	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaX\_5 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	135.1	25.53	-168.2	-102.6	543	0
2	135.1	35.45	-313.5	-142.5	543	0
3	135.1	41.96	-315.1	-168.7	542.9	0
4	135	51.76	-168.2	-208.1	542.6	0
5	122.7	25.52	-168.2	-102.6	493.3	0
6	122.8	35.45	-313.5	-142.5	493.6	0
7	122.8	41.96	-315.1	-168.7	493.7	0
8	122.8	51.77	-168.2	-208.1	493.7	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaX\_6 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	130.4	36.03	-168.2	-144.8	524.1	0
2	130.4	38.06	-313.5	-153	524.1	0
3	130.3	39.35	-315.1	-158.2	523.9	0
4	130.3	41.26	-168.2	-165.9	523.7	0
5	127.4	36.02	-168.2	-144.8	512.2	0
6	127.5	38.06	-313.5	-153	493.6	0
7	127.5	39.35	-315.1	-158.2	512.7	0
8	127.5	41.27	-168.2	-165.9	512.7	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaX\_7 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	134.9	-51.61	-168.2	207.5	542.3	0
2	135	-41.92	-313.5	168.5	542.7	0
3	135	-35.49	-315.1	142.7	542.8	0
4	135	-25.67	-168.2	103.2	542.8	0
5	122.9	-51.62	-168.2	207.5	494	0
6	122.9	-41.93	-313.5	168.5	494	0
7	122.9	-35.49	-315.1	142.7	493.9	0
8	122.8	-25.66	-168.2	103.2	493.6	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaX\_8 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
------	----	----	----	----	----	----

1	130.2	-41.12	-168.2	165.3	523.4	0
2	130.3	-39.31	-313.5	158	523.7	0
3	130.3	-38.1	-315.1	153.2	523.8	0
4	130.3	-36.17	-168.2	145.4	523.8	0
5	127.6	-41.13	-168.2	165.3	512.9	0
6	127.6	-39.32	-313.5	158.1	513	0
7	127.6	-38.1	-315.1	153.1	512.9	0
8	127.5	-36.16	-168.2	145.4	512.5	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaX\_9 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-130.2	41.12	-168.2	-165.3	-523.4	0
2	-130.3	39.31	-313.5	-158	-523.7	0
3	-130.3	38.1	-315.1	-153.2	-523.8	0
4	-130.3	36.17	-168.2	-145.4	-523.8	0
5	-127.6	41.13	-168.2	-165.3	-512.9	0
6	-127.6	39.32	-313.5	-158.1	-513	0
7	-127.6	38.1	-315.1	-153.1	-512.9	0
8	-127.5	36.16	-168.2	-145.4	-512.5	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaX\_10 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-134.9	51.61	-168.2	-207.5	-542.3	0
2	-135	41.92	-313.5	-168.5	-542.7	0
3	-135	35.49	-315.1	-142.7	-542.8	0
4	-135	25.67	-168.2	-103.2	-542.8	0
5	-122.9	51.62	-168.2	-207.5	-494	0
6	-122.9	41.93	-313.5	-168.5	-494	0
7	-122.9	35.49	-315.1	-142.7	-493.9	0
8	-122.8	25.66	-168.2	-103.2	-493.6	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaX\_11 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-130.4	-36.03	-168.2	144.8	-524.1	0
2	-130.4	-38.06	-313.5	153	-524.1	0
3	-130.3	-39.35	-315.1	158.2	-523.9	0
4	-130.3	-41.26	-168.2	165.9	-523.7	0
5	-127.4	-36.02	-168.2	144.8	-512.2	0
6	-127.5	-38.06	-313.5	153	-512.6	0
7	-127.5	-39.35	-315.1	158.2	-512.7	0
8	-127.5	-41.27	-168.2	165.9	-512.7	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaX\_12 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-135.1	-25.53	-168.2	102.6	-543	0
2	-135.1	-35.45	-313.5	142.5	-543	0
3	-135.1	-41.96	-315.1	168.7	-542.9	0
4	-135	-51.76	-168.2	208.1	-542.6	0
5	-122.7	-25.52	-168.2	102.6	-493.3	0
6	-122.8	-35.45	-313.5	142.5	-493.6	0
7	-122.8	-41.96	-315.1	168.7	-493.7	0
8	-122.8	-51.77	-168.2	208.1	-493.7	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaX\_13 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-122.6	25.35	-168.2	-101.9	-493	0
2	-122.7	35.41	-313.5	-142.3	-493.3	0
3	-122.7	42	-315.1	-168.9	-493.4	0
4	-122.7	51.93	-168.2	-208.8	-493.4	0
5	-135.2	25.36	-168.2	-102	-543.3	0
6	-135.2	35.41	-313.5	-142.4	-543.4	0
7	-135.1	42	-315.1	-168.8	-543.2	0
8	-135	51.92	-168.2	-208.7	-542.9	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaX\_14 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
------	----	----	----	----	----	----

1	-127.3	35.85	-168.2	-144.1	-511.9	0
2	-127.4	38.02	-313.5	-152.8	-512.3	0
3	-127.5	39.39	-315.1	-158.4	-512.4	0
4	-127.4	41.44	-168.2	-166.6	-512.3	0
5	-130.5	35.86	-168.2	-144.2	-524.4	0
6	-130.4	38.02	-313.5	-152.8	-524.4	0
7	-130.4	39.39	-315.1	-158.4	-524.3	0
8	-130.3	41.43	-168.2	-166.5	-524	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaX\_15 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-122.8	-51.79	-168.2	208.2	-493.7	0
2	-122.8	-41.97	-313.5	168.7	-493.7	0
3	-122.8	-35.45	-315.1	142.5	-493.6	0
4	-122.7	-25.5	-168.2	102.5	-493.2	0
5	-135	-51.78	-168.2	208.1	-542.6	0
6	-135.1	-41.96	-313.5	168.7	-543	0
7	-135.1	-35.45	-315.1	142.5	-543.1	0
8	-135.1	-25.51	-168.2	102.5	-543.1	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaX\_16 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-127.5	-41.29	-168.2	166	-512.6	0
2	-127.5	-39.36	-313.5	158.2	-512.7	0
3	-127.5	-38.06	-315.1	153	-512.6	0
4	-127.4	-36	-168.2	144.7	-512.2	0
5	-130.3	-41.28	-168.2	165.9	-523.7	0
6	-130.3	-39.36	-313.5	158.2	-524	0
7	-130.4	-38.06	-315.1	153	-524.1	0
8	-130.4	-36.01	-168.2	144.7	-524.2	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaY\_1 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	45.66	113.5	-168.2	-456.1	183.6	0
2	45.56	125.2	-313.5	-503.3	183.2	0
3	45.47	132.8	-315.1	-534	182.8	0
4	45.29	144.2	-168.2	-579.5	182.1	0
5	31.68	113.5	-168.2	-456.1	127.3	0
6	31.68	125.2	-313.5	-503.3	127.8	0
7	31.89	132.8	-315.1	-534	128.2	0
8	32.05	144.2	-168.2	-579.5	128.8	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaY\_2 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	47.93	108.7	-168.2	-437.1	192.7	0
2	47.83	124	-313.5	-498.6	192.3	0
3	47.74	134	-315.1	-538.7	191.9	0
4	47.56	148.9	-168.2	-598.5	191.2	0
5	29.41	108.7	-168.2	-437.1	118.2	0
6	29.53	124	-313.5	-498.6	118.7	0
7	29.63	134	-315.1	-538.7	119.1	0
8	29.78	148.9	-168.2	-598.5	119.7	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaY\_3 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-31.65	113.4	-168.2	-455.9	-127.2	0
2	-31.78	125.2	-313.5	-503.3	-127.7	0
3	-31.87	132.9	-315.1	-534.1	-128.1	0
4	-32.02	144.2	-168.2	-579.7	-128.7	0
5	-45.68	113.4	-168.2	-455.9	-183.6	0
6	-45.59	125.2	-313.5	-503.3	-183.3	0
7	-45.49	132.9	-315.1	-534.1	-182.9	0
8	-45.32	144.2	-168.2	-579.7	-182.2	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaY\_4 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-29.38	108.7	-168.2	-436.9	-118.1	0

2	-29.51	124	-313.5	-498.5	-118.6	0
3	-29.6	134	-315.1	-538.8	-119	0
4	-29.75	148.9	-168.2	-598.7	-119.6	0
5	-47.95	108.7	-168.2	-436.9	-192.8	0
6	-47.85	124	-313.5	-498.6	-192.4	0
7	-47.76	134	-315.1	-538.8	-192	0
8	-47.58	148.9	-168.2	-598.7	-191.3	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaY\_5 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	29.97	148.5	-168.2	-596.8	120.5	0
2	29.82	133.9	-313.5	-538.3	119.9	0
3	29.73	124.1	-315.1	-499	119.5	0
4	29.6	109.2	-168.2	-438.9	119	0
5	47.36	148.5	-168.2	-596.8	190.4	0
6	47.54	133.9	-313.5	-538.3	191.1	0
7	47.63	124.1	-315.1	-499.1	191.5	0
8	47.73	109.2	-168.2	-438.9	191.9	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaY\_6 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	32.24	143.7	-168.2	-577.8	129.6	0
2	32.09	132.7	-313.5	-533.6	129	0
3	32	125.3	-315.1	-503.8	128.6	0
4	31.87	113.9	-168.2	-457.9	128.1	0
5	45.09	143.7	-168.2	-577.8	181.3	0
6	45.27	132.7	-313.5	-533.6	182	0
7	45.37	125.3	-315.1	-503.8	182.4	0
8	45.46	113.9	-168.2	-457.9	182.8	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaY\_7 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-47.34	148.4	-168.2	-596.6	-190.3	0
2	-47.52	133.9	-313.5	-538.2	-191	0
3	-47.61	124.2	-315.1	-499.1	-191.4	0
4	-47.71	109.2	-168.2	-439.1	-191.8	0
5	-30	148.4	-168.2	-596.6	-120.6	0
6	-29.85	133.9	-313.5	-538.2	-120	0
7	-29.75	124.2	-315.1	-499.1	-119.6	0
8	-29.63	109.2	-168.2	-439.1	-119.1	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaY\_8 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-45.07	143.7	-168.2	-577.6	-181.2	0
2	-45.25	132.7	-313.5	-533.5	-181.9	0
3	-45.34	125.3	-315.1	-503.8	-182.3	0
4	-45.44	113.9	-168.2	-458.1	-182.7	0
5	-32.27	143.7	-168.2	-577.6	-129.7	0
6	-32.11	132.7	-313.5	-533.5	-129.1	0
7	-32.02	125.3	-315.1	-503.8	-128.7	0
8	-31.9	113.9	-168.2	-458.1	-128.2	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaY\_9 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	45.07	-143.7	-168.2	577.6	181.2	0
2	45.25	-132.7	-313.5	533.5	181.9	0
3	45.34	-125.3	-315.1	503.8	182.3	0
4	45.44	-113.9	-168.2	458.1	182.7	0
5	32.27	-143.7	-168.2	577.6	129.7	0
6	32.11	-132.7	-313.5	533.5	129.1	0
7	32.02	-125.3	-315.1	503.8	128.7	0
8	31.9	-113.9	-168.2	458.1	128.2	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaY\_10 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	47.34	-148.4	-168.2	596.6	190.3	0
2	47.52	-133.9	-313.5	538.2	191	0

3	47.61	-124.2	-315.1	499.1	191.4	0
4	47.71	-109.2	-168.2	439.1	191.8	0
5	30	-148.4	-168.2	596.6	120.6	0
6	29.85	-133.9	-313.5	538.2	120	0
7	29.75	-124.2	-315.1	499.1	119.6	0
8	29.63	-109.2	-168.2	439.1	119.1	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaY\_11 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-32.24	-143.7	-168.2	577.8	-129.6	0
2	-32.09	-132.7	-313.5	533.6	-129	0
3	-32	-125.3	-315.1	503.8	-128.6	0
4	-31.87	-113.9	-168.2	457.9	-128.1	0
5	-45.09	-143.7	-168.2	577.8	-181.3	0
6	-45.27	-132.7	-313.5	533.6	-182	0
7	-45.37	-125.3	-315.1	503.8	-182.4	0
8	-45.46	-113.9	-168.2	457.9	-182.8	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaY\_12 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-29.97	-148.5	-168.2	596.8	-120.5	0
2	-29.82	-133.9	-313.5	538.3	-119.9	0
3	-29.73	-124.1	-315.1	499	-119.5	0
4	-29.6	-109.2	-168.2	438.9	-119	0
5	-47.36	-148.5	-168.2	596.8	-190.4	0
6	-47.54	-133.9	-313.5	538.3	-191.1	0
7	-47.63	-124.1	-315.1	499.1	-191.5	0
8	-47.73	-109.2	-168.2	438.9	-191.9	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaY\_13 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	29.38	-108.7	-168.2	436.9	118.1	0
2	29.51	-124	-313.5	498.5	118.6	0
3	29.6	-134	-315.1	538.8	119	0
4	29.75	-148.9	-168.2	598.7	119.6	0
5	47.36	-108.7	-168.2	436.9	192.8	0
6	47.85	-124	-313.5	498.6	192.4	0
7	47.76	-134	-315.1	538.8	192	0
8	47.58	-148.9	-168.2	598.7	191.3	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaY\_14 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	31.65	-113.4	-168.2	455.9	127.2	0
2	31.78	-125.2	-313.5	503.3	127.7	0
3	31.87	-132.9	-315.1	534.1	128.1	0
4	32.02	-144.2	-168.2	579.7	128.7	0
5	45.68	-113.4	-168.2	455.9	183.6	0
6	45.59	-125.2	-313.5	503.3	183.3	0
7	45.49	-132.9	-315.1	534.1	182.9	0
8	45.32	-144.2	-168.2	579.7	182.2	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaY\_15 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-47.93	-108.7	-168.2	437.1	-192.7	0
2	-47.83	-124	-313.5	498.6	-192.3	0
3	-47.74	-134	-315.1	538.7	-191.9	0
4	-47.56	-148.9	-168.2	598.5	-191.2	0
5	-29.41	-108.7	-168.2	437.1	-118.2	0
6	-29.53	-124	-313.5	498.6	-118.7	0
7	-29.63	-134	-315.1	538.7	-119.1	0
8	-29.78	-148.9	-168.2	598.5	-119.7	0

## &lt; Nodal Load &gt;

[ LOAD CASE : SLU\_Fond\_sismaY\_16 ]

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-45.66	-113.5	-168.2	456.1	-183.6	0
2	-45.56	-125.2	-313.5	503.3	-183.2	0
3	-45.47	-132.8	-315.1	534	-182.8	0

---

4	-45.29	-144.2	-168.2	579.5	-182.1	0
5	-31.68	-113.5	-168.2	456.1	-127.3	0
6	-31.8	-125.2	-313.5	503.3	-127.8	0
7	-31.89	-132.8	-315.1	534	-128.2	0
8	-32.05	-144.2	-168.2	579.5	-128.8	0



## 12) Verifiche di opere in cemento armato con il metodo DM17/01/18 con integrazione dell'eurocodice 2

### 12.1) Combinazioni di verifica

```

+=====+
| MIDAS (Modeling, Integrated Design & Analysis Software) |
| midas Gen - Load Combinations                          |
|                                                         |
|                                                         |
|                                                         |
|                                                         |
| MIDAS Information Technology Co., Ltd. (MIDAS IT)      |
| Gen 2019                                               |
+=====+

```

-----  
DESIGN TYPE : Concrete Design  
-----

#### LIST OF LOAD COMBINATIONS

NUM	NAME	ACTIVE	LOADCASE (FACTOR) +	TYPE	LOADCASE (FACTOR) +	LOADCASE (FACTOR)
1	SLU_Vento +x	Strength/Stress	PP( 1.300) +	Add	Perm( 1.500) +	Var( 1.500)
	+ SLU_Vento +x	( 1.000)				
2	SLU_Vento -x	Strength/Stress	PP( 1.300) +	Add	Perm( 1.500) +	Var( 1.500)
	+ SLU_Vento -x	( 1.000)				
3	SLU_Vento +y	Strength/Stress	PP( 1.300) +	Add	Perm( 1.500) +	Var( 1.500)
	+ SLU_Vento +y	( 1.000)				
4	SLU_Vento -y	Strength/Stress	PP( 1.500) +	Add	Perm( 1.500) +	Var( 1.500)
	+ SLU_Vento -y	( 1.000)				
5	SLU_Fond_Sisma X_1	Strength/Stress	PP( 1.000) +	Add	Perm( 1.000) +	Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaX_1	( 1.000)				
6	SLU_Fond_Sisma X_2	Strength/Stress	PP( 1.000) +	Add	Perm( 1.000) +	Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaX_2	( 1.000)				
7	SLU_Fond_Sisma X_3	Strength/Stress	PP( 1.000) +	Add	Perm( 1.000) +	Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaX_3	( 1.000)				
8	SLU_Fond_Sisma X_4	Strength/Stress	PP( 1.000) +	Add	Perm( 1.000) +	Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaX_4	( 1.000)				
9	SLU_Fond_Sisma X_5	Strength/Stress	PP( 1.000) +	Add	Perm( 1.000) +	Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaX_5	( 1.000)				
10	SLU_Fond_Sisma X_6	Strength/Stress	PP( 1.000) +	Add	Perm( 1.000) +	Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaX_6	( 1.000)				
11	SLU_Fond_Sisma X_7	Strength/Stress	PP( 1.000) +	Add	Perm( 1.000) +	Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaX_7	( 1.000)				

12	SLU_Fond_Sisma X_8	Strength/Stress	Add			
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaX_8	( 1.000)				
13	SLU_Fond_Sisma X_9	Strength/Stress	Add			
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaX_9	( 1.000)				
14	SLU_Fond_Sisma X_10	Strength/Stress	Add			
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaX_10	( 1.000)				
15	SLU_Fond_Sisma X_11	Strength/Stress	Add			
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaX_11	( 1.000)				
16	SLU_Fond_Sisma X_12	Strength/Stress	Add			
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaX_12	( 1.000)				
17	SLU_Fond_Sisma X_13	Strength/Stress	Add			
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaX_13	( 1.000)				
18	SLU_Fond_Sisma X_14	Strength/Stress	Add			
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaX_14	( 1.000)				
19	SLU_Fond_Sisma X_15	Strength/Stress	Add			
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaX_15	( 1.000)				
20	SLU_Fond_Sisma X_16	Strength/Stress	Add			
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaX_16	( 1.000)				
21	SLU_Fond_Sisma Y_1	Strength/Stress	Add			
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaY_1	( 1.000)				
22	SLU_Fond_Sisma Y_2	Strength/Stress	Add			
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaY_2	( 1.000)				
23	SLU_Fond_Sisma Y_3	Strength/Stress	Add			
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaY_3	( 1.000)				
24	SLU_Fond_Sisma Y_4	Strength/Stress	Add			
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaY_4	( 1.000)				
25	SLU_Fond_Sisma Y_5	Strength/Stress	Add			
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaY_5	( 1.000)				
26	SLU_Fond_Sisma Y_6	Strength/Stress	Add			
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaY_6	( 1.000)				
27	SLU_Fond_Sisma Y_7	Strength/Stress	Add			
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaY_7	( 1.000)				
28	SLU_Fond_Sisma Y_8	Strength/Stress	Add			
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaY_8	( 1.000)				
29	SLU_Fond_Sisma Y_9	Strength/Stress	Add			
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+ SLU_Fond_sismaY_9	( 1.000)				
30	SLU_Fond_Sisma Y_10	Strength/Stress	Add			

			PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+	SLU_Fond_sismaY_10	( 1.000)				
-----							
31		SLU_Fond_Sisma Y_11	Strength/Stress	Add			
			PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+	SLU_Fond_sismaY_11	( 1.000)				
-----							
32		SLU_Fond_Sisma Y_12	Strength/Stress	Add			
			PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+	SLU_Fond_sismaY_12	( 1.000)				
-----							
33		SLU_Fond_Sisma Y_13	Strength/Stress	Add			
			PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+	SLU_Fond_sismaY_13	( 1.000)				
-----							
34		SLU_Fond_Sisma Y_14	Strength/Stress	Add			
			PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+	SLU_Fond_sismaY_14	( 1.000)				
-----							
35		SLU_Fond_Sisma Y_15	Strength/Stress	Add			
			PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+	SLU_Fond_sismaY_15	( 1.000)				
-----							
36		SLU_Fond_Sisma Y_16	Strength/Stress	Add			
			PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +		Var( 1.000)
	+	SLU_Fond_sismaY_16	( 1.000)				
-----							

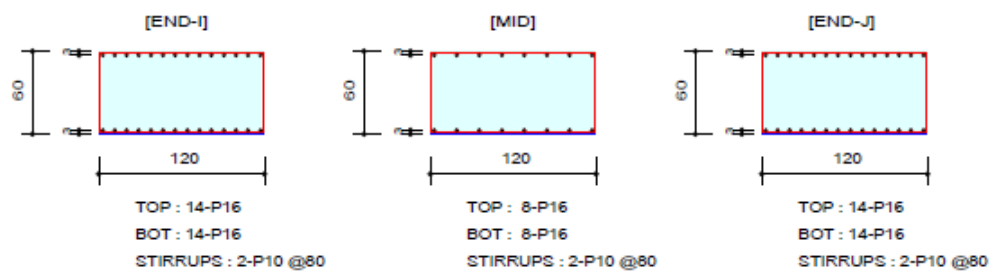
## 12.2) Verifica travi

### 12.2.1) Verifica dettagliata

#### 1. Design Information

Design Code	: Eurocode2:04 & NTC2008	Unit System	: kgf, cm
Material Data	: fck = 203.943, fyk = 4588.72, fyw = 4588.72 kgf/cm <sup>2</sup>		
Section Property: fond.	120x60 (No : 3)	Beam Span	: 1298 cm

#### 2. Section Diagram



#### 3. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	35	33	24
Moment (M <sub>Ed</sub> )	5803137.45	1539213.68	5804852.51
Factored Strength (M <sub>Rd</sub> )	6091913.74	3515422.10	6091913.74
Check Ratio (M <sub>Ed</sub> /M <sub>Rd</sub> )	0.9526	0.4378	0.9529
Neutral Axis (x/d)	0.0781	0.0664	0.0781
(+) Load Combination No.	22	24	33
Moment (M <sub>Ed</sub> )	5955911.63	686408.17	5957626.69
Factored Strength (M <sub>Rd</sub> )	6091913.74	3515422.10	6091913.74
Check Ratio (M <sub>Ed</sub> /M <sub>Rd</sub> )	0.9777	0.1953	0.9780
Neutral Axis (x/d)	0.0781	0.0664	0.0781
Using Rebar Top (A <sub>s_top</sub> )	28.1400	16.0800	28.1400
Using Rebar Bot (A <sub>s_bot</sub> )	28.1400	16.0800	28.1400

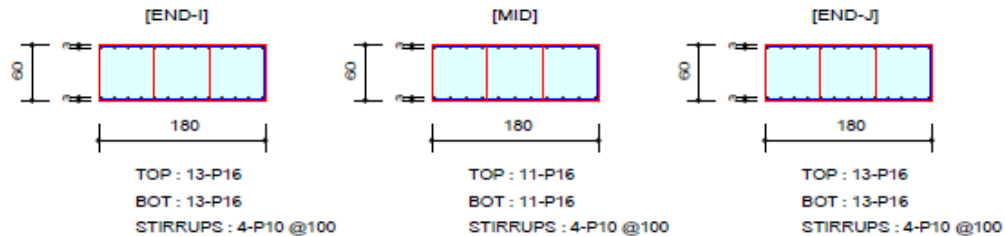
#### 4. Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	22	33	33
Factored Shear Force (V <sub>Ed</sub> )	25470.38	10426.70	25475.95
Shear Strength by Conc.(V <sub>Rdc</sub> )	26906.32	22327.57	26906.32
Shear Strength by Rebar.(V <sub>Rds</sub> )	40427.65	40427.65	40427.65
Shear Strength by Rebar.(V <sub>Rdmax</sub> )	177858.90	177858.90	177858.90
Using Shear Reinf. (A <sub>sw</sub> )	19.7500	19.7500	19.7500
Using Stirrups Spacing	2-P10 @80	2-P10 @80	2-P10 @80
Shear Ratio by Conc	0.9466	0.4670	0.9468
Shear Ratio by (V <sub>Rds</sub> ; V <sub>Rdmax</sub> )	0.6300	0.2579	0.6302
Check Ratio	0.9466	0.4670	0.9468

## 1. Design Information

Design Code	: Eurocode2:04 & NTC2008	Unit System	: kgf, cm
Material Data	: fck = 203.943, fyk = 4588.72, fyw = 4588.72 kgf/cm <sup>2</sup>		
Section Property:	fond. 180x60 (No : 7)	Beam Span	: 1064 cm

## 2. Section Diagram



## 3. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	19	6	8
Moment (M <sub>Ed</sub> )	5626863.49	2873147.29	5629442.25
Factored Strength (M <sub>Rd</sub> )	5668534.64	4840627.04	5668534.64
Check Ratio (M <sub>Ed</sub> /M <sub>Rd</sub> )	0.9926	0.5935	0.9931
Neutral Axis (x/d)	0.0679	0.0637	0.0679
(+) Load Combination No.	6	8	17
Moment (M <sub>Ed</sub> )	5626863.49	1336474.69	5629442.25
Factored Strength (M <sub>Rd</sub> )	5668534.64	4840627.04	5668534.64
Check Ratio (M <sub>Ed</sub> /M <sub>Rd</sub> )	0.9926	0.2761	0.9931
Neutral Axis (x/d)	0.0679	0.0637	0.0679
Using Rebar Top (A <sub>s_top</sub> )	26.1300	22.1100	26.1300
Using Rebar Bot (A <sub>s_bot</sub> )	26.1300	22.1100	26.1300

## 4. Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	25	17	24
Factored Shear Force (V <sub>Ed</sub> )	28232.38	15286.06	28313.97
Shear Strength by Conc.(V <sub>Rdc</sub> )	32905.39	32905.39	32905.39
Shear Strength by Rebar.(V <sub>Rds</sub> )	64684.23	64684.23	64684.23
Shear Strength by Rebar.(V <sub>Rdmax</sub> )	266788.35	266788.35	266788.35
Using Shear Reinf. (A <sub>sw</sub> )	31.6000	31.6000	31.6000
Using Stirrups Spacing	4-P10 @100	4-P10 @100	4-P10 @100
Shear Ratio by Conc	0.8580	0.4645	0.8605
Shear Ratio by (V <sub>Rds</sub> ; V <sub>Rdmax</sub> )	0.4365	0.2363	0.4377
Check Ratio	0.8580	0.4645	0.8605

## 12.2.2) Verifica sintetica aste

midas Gen – RC-Beam Checking [ Eurocode2:04 &amp; NIC2008 ] Gen 2019

\*.PROJECT :  
 \*.UNIT SYSTEM : kgf, cm

[ Eurocode2:04 ] RC-BEAM CHECK SUMMARY SHEET — SELECTED MEMBERS IN ANALYSIS MODEL.

\*.MEMB = 9, SECT = 7 (fond. 180x60, RECT), Span = 1064.00  
 \*.Bc = 180.00, Hc = 60.000 V\_Rdc = 32905.4  
 \*.fck = 203.943, f<sub>yk</sub> = 4588.72, f<sub>yw</sub> = 4588.72

POS	CHK	AsTop	AsBot	N-M_Ed( ICB)	x/d	N-M_Rd	RatN	P-M_Ed( ICB)	x/d	P-M_Rd	RatP	V_Ed( ICB)	V_Rdc	V_Rds	Rat-Vc	Rat-Vs	RatV
I	OK	26.130	26.130	5623831( 14)	0.068	5668535	0.992	5623831( 11)	0.068	5668535	0.992	27041.1( 30)	34397.0	64684.2	0.786	0.418	0.786
M	OK	22.110	22.110	2872769( 16)	0.064	4840627	0.593	1336391( 9)	0.064	4840627	0.276	12147.5( 16)	32905.4	64684.2	0.369	0.188	0.369
J	OK	22.110	22.110	1440847( 9)	0.064	4840627	0.298	4584299( 16)	0.064	4840627	0.947	25374.2( 16)	32905.4	64684.2	0.771	0.392	0.771

\*.MEMB = 10, SECT = 7 (fond. 180x60, RECT), Span = 700.000  
 \*.Bc = 180.00, Hc = 60.000 V\_Rdc = 32905.4  
 \*.fck = 203.943, f<sub>yk</sub> = 4588.72, f<sub>yw</sub> = 4588.72

POS	CHK	AsTop	AsBot	N-M_Ed( ICB)	x/d	N-M_Rd	RatN	P-M_Ed( ICB)	x/d	P-M_Rd	RatP	V_Ed( ICB)	V_Rdc	V_Rds	Rat-Vc	Rat-Vs	RatV
I	OK	22.110	22.110	1614581( 14)	0.064	4840627	0.334	4758033( 11)	0.064	4840627	0.983	28229.9( 30)	32905.4	64684.2	0.858	0.436	0.858
M	OK	22.110	22.110	1401577( 16)	0.064	4840627	0.290	1075241( 14)	0.064	4840627	0.222	15280.7( 16)	32905.4	64684.2	0.464	0.236	0.464
J	OK	22.110	22.110	1608069( 9)	0.064	4840627	0.332	4767948( 16)	0.064	4840627	0.985	28311.5( 35)	32905.4	64684.2	0.860	0.438	0.860

\*.MEMB = 11, SECT = 7 (fond. 180x60, RECT), Span = 1064.00  
 \*.Bc = 180.00, Hc = 60.000 V\_Rdc = 32905.4  
 \*.fck = 203.943, f<sub>yk</sub> = 4588.72, f<sub>yw</sub> = 4588.72

POS	CHK	AsTop	AsBot	N-M_Ed( ICB)	x/d	N-M_Rd	RatN	P-M_Ed( ICB)	x/d	P-M_Rd	RatP	V_Ed( ICB)	V_Rdc	V_Rds	Rat-Vc	Rat-Vs	RatV
I	OK	22.110	22.110	1431791( 14)	0.064	4840627	0.296	4591670( 11)	0.064	4840627	0.949	25436.8( 11)	32905.4	64684.2	0.773	0.393	0.773
M	OK	22.110	22.110	2873064( 11)	0.064	4840627	0.594	1336063( 14)	0.064	4840627	0.276	12141.1( 11)	32905.4	64684.2	0.369	0.188	0.369
J	OK	26.130	26.130	5626410( 9)	0.068	5668535	0.993	5626410( 16)	0.068	5668535	0.993	27094.3( 35)	34397.0	64684.2	0.788	0.419	0.788

\*.MEMB = 12, SECT = 7 (fond. 180x60, RECT), Span = 1064.00  
 \*.Bc = 180.00, Hc = 60.000 V\_Rdc = 32905.4  
 \*.fck = 203.943, f<sub>yk</sub> = 4588.72, f<sub>yw</sub> = 4588.72

POS	CHK	AsTop	AsBot	N-M_Ed( ICB)	x/d	N-M_Rd	RatN	P-M_Ed( ICB)	x/d	P-M_Rd	RatP	V_Ed( ICB)	V_Rdc	V_Rds	Rat-Vc	Rat-Vs	RatV
I	OK	26.130	26.130	5626864( 19)	0.068	5668535	0.993	5626864( 6)	0.068	5668535	0.993	27046.7( 25)	34397.0	64684.2	0.786	0.418	0.786
M	OK	22.110	22.110	2872852( 17)	0.064	4840627	0.593	1336475( 8)	0.064	4840627	0.276	12152.2( 17)	32905.4	64684.2	0.369	0.188	0.369
J	OK	22.110	22.110	1441890( 8)	0.064	4840627	0.298	4585342( 17)	0.064	4840627	0.947	25376.8( 17)	32905.4	64684.2	0.771	0.392	0.771

midas Gen – RC-Beam Checking [ Eurocode2:04 &amp; NIC2008 ] Gen 2019

\*.PROJECT :  
 \*.UNIT SYSTEM : kgf, cm

[ Eurocode2:04 ] RC-BEAM CHECK SUMMARY SHEET — SELECTED MEMBERS IN ANALYSIS MODEL.

\*.MEMB = 13, SECT = 7 (fond. 180x60, RECT), Span = 700.000  
 \*.Bc = 180.00, Hc = 60.000 V\_Rcb = 32905.4  
 \*.fck = 203.943, f<sub>yk</sub> = 4588.72, f<sub>yw</sub> = 4588.72

POS	CHK	AsTop	AsBot	N-M_Ed( ICB)	x/d	N-M_Rd	RatN	P-M_Ed( ICB)	x/d	P-M_Rd	RatP	V_Ed( ICB)	V_Rcb	V_Rcs	Rat-Vc	Rat-Vs	RatV
I	CK	22.110	22.110	1616548( 19)	0.064	4840627	0.334 4760000( 6)	0.064	4840627	0.983 28232.4( 25)	32905.4	64684.2	0.858	0.436	0.858		
M	CK	22.110	22.110	1402334( 17)	0.064	4840627	0.290 1075997( 19)	0.064	4840627	0.222 15286.1( 17)	32905.4	64684.2	0.465	0.236	0.465		
J	CK	22.110	22.110	1610036( 8)	0.064	4840627	0.333 4769915( 17)	0.064	4840627	0.985 28314.0( 24)	32905.4	64684.2	0.860	0.438	0.860		

\*.MEMB = 14, SECT = 7 (fond. 180x60, RECT), Span = 1064.00  
 \*.Bc = 180.00, Hc = 60.000 V\_Rcb = 32905.4  
 \*.fck = 203.943, f<sub>yk</sub> = 4588.72, f<sub>yw</sub> = 4588.72

POS	CHK	AsTop	AsBot	N-M_Ed( ICB)	x/d	N-M_Rd	RatN	P-M_Ed( ICB)	x/d	P-M_Rd	RatP	V_Ed( ICB)	V_Rcb	V_Rcs	Rat-Vc	Rat-Vs	RatV
I	CK	22.110	22.110	1432834( 19)	0.064	4840627	0.296 4592713( 6)	0.064	4840627	0.949 25439.4( 6)	32905.4	64684.2	0.773	0.393	0.773		
M	CK	22.110	22.110	2873147( 6)	0.064	4840627	0.594 1336146( 19)	0.064	4840627	0.276 12145.8( 6)	32905.4	64684.2	0.369	0.188	0.369		
J	CK	26.130	26.130	5629442( 8)	0.068	5668535	0.993 5629442( 17)	0.068	5668535	0.993 27099.9( 24)	34397.0	64684.2	0.788	0.419	0.788		

\*.MEMB = 15, SECT = 3 (fond. 120x60, RECT), Span = 1298.00  
 \*.Bc = 120.00, Hc = 60.000 V\_Rcb = 22327.6  
 \*.fck = 203.943, f<sub>yk</sub> = 4588.72, f<sub>yw</sub> = 4588.72

POS	CHK	AsTop	AsBot	N-M_Ed( ICB)	x/d	N-M_Rd	RatN	P-M_Ed( ICB)	x/d	P-M_Rd	RatP	V_Ed( ICB)	V_Rcb	V_Rcs	Rat-Vc	Rat-Vs	RatV
I	CK	28.140	28.140	5786003( 30)	0.078	6091914	0.950 5940002( 27)	0.078	6091914	0.975 25420.4( 27)	26906.3	40427.6	0.945	0.629	0.945		
M	CK	16.080	16.080	1537134( 32)	0.066	3515422	0.437  684302( 25)	0.066	3515422	0.195 10403.4( 32)	22327.6	40427.6	0.466	0.257	0.466		
J	CK	28.140	28.140	5787718( 25)	0.078	6091914	0.950 5941717( 32)	0.078	6091914	0.975 25426.0( 32)	26906.3	40427.6	0.945	0.629	0.945		

\*.MEMB = 16, SECT = 3 (fond. 120x60, RECT), Span = 1298.00  
 \*.Bc = 120.00, Hc = 60.000 V\_Rcb = 22327.6  
 \*.fck = 203.943, f<sub>yk</sub> = 4588.72, f<sub>yw</sub> = 4588.72

POS	CHK	AsTop	AsBot	N-M_Ed( ICB)	x/d	N-M_Rd	RatN	P-M_Ed( ICB)	x/d	P-M_Rd	RatP	V_Ed( ICB)	V_Rcb	V_Rcs	Rat-Vc	Rat-Vs	RatV
I	CK	28.140	28.140	5784544( 32)	0.078	6091914	0.950 5628388( 25)	0.078	6091914	0.924 25034.6( 25)	26906.3	40427.6	0.930	0.619	0.930		
M	CK	16.080	16.080	936065( 32)	0.066	3515422	0.266  306852( 25)	0.066	3515422	0.087 8725.56( 32)	22327.6	40427.6	0.391	0.216	0.391		
J	CK	28.140	28.140	5784079( 27)	0.078	6091914	0.949 5627923( 30)	0.078	6091914	0.924 25032.9( 30)	26906.3	40427.6	0.930	0.619	0.930		

midas Gen – RC-Beam Checking [ Eurocode2:04 &amp; NIC2008 ]

Gen 2019

\*.PROJECT :  
 \*.UNIT SYSTEM : kgf, cm

[ Eurocode2:04 ] RC-BEAM CHECK SUMMARY SHEET — SELECTED MEMBERS IN ANALYSIS MODEL.

\*.MEMB = 17, SECT = 3 (fond. 120x60, RECT), Span = 1298.00  
 \*.Bc = 120.00, Hc = 60.000 V\_Rdc = 22327.6  
 \*.fck = 203.943, f<sub>yk</sub> = 4588.72, f<sub>yw</sub> = 4588.72

POS	CHK	AsTop	AsBot	N-M_Ed( ICB)	x/d	N-M_Rd	RatN	P-M_Ed( ICB)	x/d	P-M_Rd	RatP	V_Ed( ICB)	V_Rdc	V_Rds	Rat-Vc	Rat-Vs	RatV
I	OK	28.140	28.140	5786556( 33)	0.078	6091914	0.950 5635938( 24)	0.078	6091914	0.925 25087.7( 24)	26906.3	40427.6	0.932	0.621	0.932		
M	OK	16.080	16.080	937846( 33)	0.066	3515422	0.267 306062( 24)	0.066	3515422	0.087 8732.90( 33)	22327.6	40427.6	0.391	0.216	0.391		
J	OK	28.140	28.140	5786091( 22)	0.078	6091914	0.950 5635474( 35)	0.078	6091914	0.925 25086.0( 35)	26906.3	40427.6	0.932	0.621	0.932		

\*.MEMB = 18, SECT = 3 (fond. 120x60, RECT), Span = 1298.00  
 \*.Bc = 120.00, Hc = 60.000 V\_Rdc = 22327.6  
 \*.fck = 203.943, f<sub>yk</sub> = 4588.72, f<sub>yw</sub> = 4588.72

POS	CHK	AsTop	AsBot	N-M_Ed( ICB)	x/d	N-M_Rd	RatN	P-M_Ed( ICB)	x/d	P-M_Rd	RatP	V_Ed( ICB)	V_Rdc	V_Rds	Rat-Vc	Rat-Vs	RatV
I	OK	28.140	28.140	5803138( 35)	0.078	6091914	0.953 5955912( 22)	0.078	6091914	0.978 25470.4( 22)	26906.3	40427.6	0.947	0.630	0.947		
M	OK	16.080	16.080	1539214( 33)	0.066	3515422	0.438 686408( 24)	0.066	3515422	0.195 10426.7( 33)	22327.6	40427.6	0.467	0.258	0.467		
J	OK	28.140	28.140	5804853( 24)	0.078	6091914	0.953 5957627( 33)	0.078	6091914	0.978 25476.0( 33)	26906.3	40427.6	0.947	0.630	0.947		



## 13) Pressione sulla fondazione

Il suolo è stato modellato con la schematizzazione alla Winkler in cui si ipotizza che la spinta esercitata dalla fondazione sul suolo è proporzionale all'abbassamento del suolo.

L' espressione matematica del modello di Winkler, nel caso di fondazione superficiale piana è:

$$p(x,y) = k * w(x,y)$$

dove:

$k[N / m^3]$  è la costante di sottofondo,

$w(x,y)[m]$  è lo spostamento verticale di un punto generico di coordinate (x,y) che giace sul terreno

$p(x,y)[N / m^2]$  è la pressione agente sulla superficie del terreno.

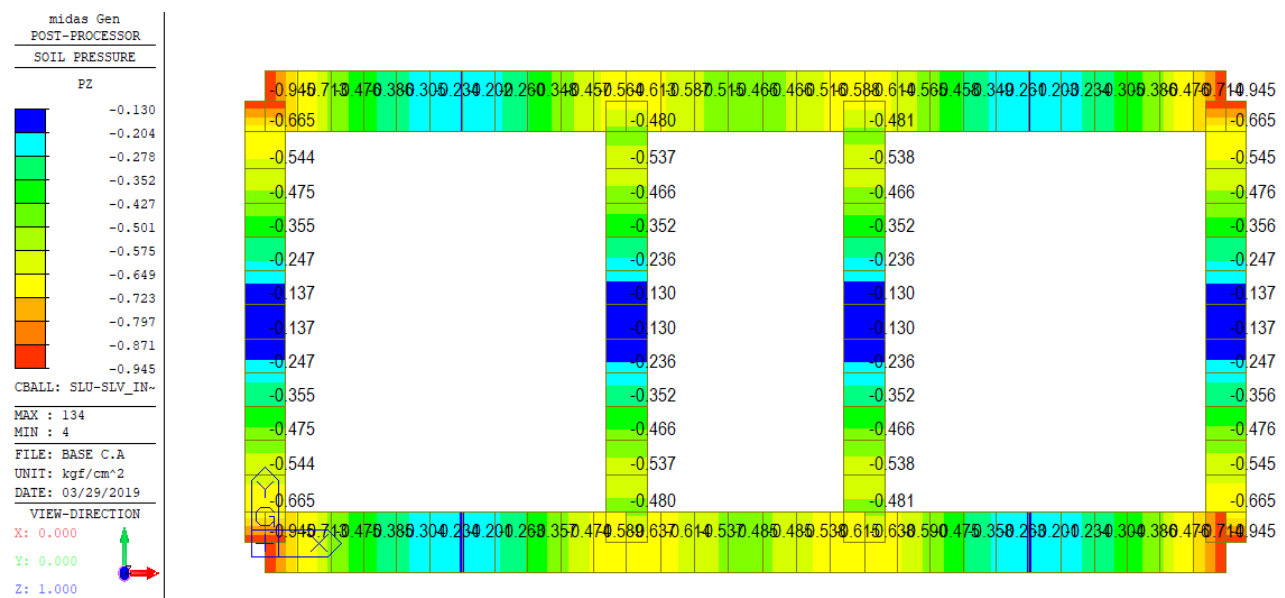
Praticamente il modello equivale a schematizzare il terreno come un letto di molle, dotate di una certa rigidezza, molto vicine tra loro ma svincolate: quindi ogni molla è indipendente dalle altre (cede solo la molla premuta).

La pressione massima sulla fondazione la si ricava sulla base del massimo spostamento verticale sul suolo di fondazione e dalla costante si Winkler utilizzata ( $k= 5 \text{ kg/cm}^3$ ).

La pressione massima risulta:

$$q = 0,945 \text{ kg/cm}^2$$

Di seguito si riporta il diagramma della pressione nella combinazione d'involuppo:



## 14) Calcolo della capacità portante

Per quanto concerne la tipologia di fondazione si prevedono opere di fondazione dirette. In particolare si adottano plinti in c.a. con platea di collegamento collaborante.

Il piano di imposta delle fondazioni è previsto alla quota di circa -1,50 m rispetto al piano campagna.

La portanza del suolo al disotto delle opere di fondazione superficiale è calcolato tramite la formula proposta da Brinch-Hansen (1970) che consente l'introduzione di coefficienti correttivi per la profondità, l'inclinazione del piano di posa della fondazione, l'inclinazione del carico sulla fondazione e l'inclinazione del terreno (fondazione su pendio):

$$q_{lim} = cN_c s_c b_c i_c g_c d_c + qN_q s_q b_q i_q g_q d_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma b_\gamma i_\gamma g_\gamma \quad [1]$$

dove:

- $N_\gamma, N_c, N_q$ : fattori di capacità portante dipendenti da  $\phi'$
- $b_c, b_q, b_\gamma$ : fattori dipendenti dall'inclinazione del piano di posa;
- $s_c, s_q, s_\gamma$ : fattori di forma della fondazione;
- $g_c, g_q, g_\gamma$ : fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del p.c.;
- $i_c, i_q, i_\gamma$ : fattori di inclinazione del carico;
- $d_c, d_q$ : fattori che tengono conto della profondità del piano di posa;

I dati necessari alla valutazione dei parametri meccanici dei terreni, desunti dalla relazione geologica a firma del Geologo Luca Filieri, sono riportati nella seguente tabella (Tabella 1).

Tabella 1: caratterizzazione geotecnica dei terreni.

TERRENO	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\phi'$ [°]
Ghiaia sabbioso-limosa	19	0	30

dove:

$\gamma$  = peso di volume;

$c$  = coesione;

$\phi'$  = angolo di attrito efficace.

Alle resistenze calcolate vengono applicate le indicazioni del D.M. 17 gennaio 2018 (Norme tecniche per le costruzioni). Vengono utilizzati i coefficienti di sicurezza parziali di seguito elencati, secondo l'approccio: NTC 18, SLU Approccio 2 (A1+M1+R3),

Tabella 2: coefficienti di sicurezza parziali.

Coefficiente	Approccio 2
$\gamma_{G1, fav}$	1.00
$\gamma_{G1, sfa}$	1.30
$\gamma_{G2, fav}$	0,80
$\gamma_{G2, sfa}$	1,50
$\gamma_{Qi, fav}$	0,00
$\gamma_{Qi, sfa}$	1,50
$\gamma_{\phi}$	1.00
$\gamma_{c'}$	1.00
$\gamma_{su}$	1.00
$\gamma_{\gamma}$	1.00
$\gamma_{R, cap}$	2.30
$\gamma_{R, sco}$	1.10

Sostituendo i valori riportati in Tabella 1 ed adottando i coefficienti riportati in Tabella 2 si ottengono i risultati riassunti in Tabella 3 e riportati per esteso nelle pagine seguenti.

Tabella 3: pressione ammissibile del terreno di fondazione.

TERRENO	$Q_{lim}$ [kPa]
Depositi limoso-sabbiosi e sabbiosi-ghiaiosi	186,42

La massima pressione agente sul terreno al di sotto della fondazione è pari a 94,5 kPa, compatibile con la pressione ammissibile determinata con la formula di Brinch-Hansen pari a 186,42 kPa.

Si riporta a seguire il calcolo della pressione limite per il terreno di fondazione.

**DETERMINAZIONE DELLA PRESSIONE LIMITE  
FORMULA GENERALE DI BRINCH-HANSEN (1970)**

(Lancellotta R., Geotecnica, II Ediz., 1993)

$$q_{lim} = 1/2 \gamma B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} z_{\gamma} + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q$$

**TERRENO**

$\beta 1$	=	0	°	inclinazione fondazione
$\beta 2$	=	0	°	inclinazione piano campagna
$\gamma 1$	=	19.00	kN/mc	peso terreno sopra il piano della fondazione
$\gamma$	=	19.00	kN/mc	peso terreno sotto il piano della fondazione
c	=	0.00	kN/mq	coesione c'
$\varphi$	=	30.00	°	attrito interno terreno sottostante la fondazione
Zw	=	3.00	m	profondità falda

**GEOMETRIA FONDAZIONE****FONDAZIONE RIDOTTA**

B	=	180	cm	lato fondazione	$e_b$ =	0.45 m	--->	$B'$ =	0.89 m
L	=	1000	cm	lunghezza fondazione	$e_l$ =	1.74 m	--->	$L'$ =	6.53E+00 m
D	=	85	cm	profondità di posa					

**ZONIZZAZIONE SISMICA**

Zona sismica	=	3
Tipo di terreno	=	C
Accelerazione orizzontale	=	2.39
Fattore Ss	=	1.45
Fattore $S_T$	=	1.00
$\beta_m$	=	0.28
$K_n$	=	0.10

**AZIONI****Gk****Qk****COMBINAZIONE**

N	=	319.00	kN	6.25	3.00	Approccio 2 A1 + M1 + R3
Mb	=	145.00	kNm	63.80	0.00	
MI	=	554.00	kNm			
Tb	=	113.49	kN	0.62	0.30	
TI	=	137.00	kN	0.19	0.09	
Ht	=	36.00	kN			

**CARICO LIMITE**

$q_{lim}$	=	186.42	kN/mq
q	=	16.15	kN/mq

sovraccarico alla profondità D

**Fattori capacità portante**

$N_q$	=	18.40
$N_c$	=	30.14
$N_g$	=	22.40

**Fattori profondità piano di posa**

$d_q$	=	1.28
$d_c$	=	1.29
$d_g$	=	1.00

**Fattori forma della fondazione**

$s_c$	=	1.08	
$s_q$	=	1.08	
$s_{\gamma}$	=	0.95	
$r_b$	=	1.88	
$r_l$	=	1.12	
teta	=	0.69	rad
mi	=	2.00	

**Fattori inclinazione piano di posa**

$b_q$	=	1.00
$b_c$	=	1.00
$b_g$	=	1.00

**Fattori inclinazione piano campagna**

$g_q$	=	1.00
$g_c$	=	1.00
$g_g$	=	1.00

**Fattori inclinazione del carico**

$i_q$	=	0.79
$i_c$	=	0.77

**Fattori sismici**

$Z_y$	=	0.94
$Z_c$	=	0.94

## **15)Verifica degli elementi non strutturali**

Ai sensi del paragrafo 7.2.3 gli elementi non strutturali è necessario verificare la domanda e la capacità degli elementi al fine di garantire l'incolumità degli utilizzatori della struttura.

Gli elementi non strutturali relativi al fabbricato Refettorio sono costituiti dalle tamponature esterne e dai tramezzi interni.

Le tamponature esterne saranno realizzate in elementi prefabbricati e vincolati mediante giunti scorregoli alla struttura principale del fabbricato, in modo da evitare un ribaltamento del singolo pannello e non influenzare il comportamento strutturale della struttura principale.

Al fine di evitare il ribaltamento dei tramezzi interni verranno installati profili ad L all'estremità superiore delle murature fissati ai tegoli solaio della copertura mediante tasselli meccanici. Il profilo permetterà di vincolare trasversalmente la muratura ma lasciandola libera di scorrere in direzione longitudinale al fine di non influenzare il comportamento strutturale del fabbricato principale.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici strutturali.

## 16) Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

### 16.1) Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi lineare dinamica con spettro di risposta secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

### 16.2) Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

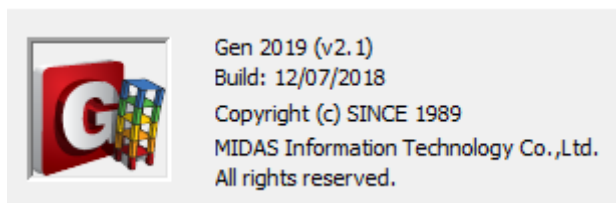
Titolo MIDAS GEN - per edifici e strutture generiche, il prodotto leader in zona sismica

Versione GEN 2019 (v2.1)

Produttore MIDAS – TowerB,17 Pangyo-ro 228beon-gil, Bundang-gu - 463-400; KOREA

Utente SIA Professionisti Associati

Licenza U001 - 21306



### 16.3) Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice MIDAS ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

### 16.4) Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

## 16.5) Presentazione del software

MIDAS Gen FX è il software general purpose di MIDAS, che risolve integralmente tutte le problematiche di analisi e progettazione di qualsiasi tipologia strutturale dalle più complesse alle più semplici in zona sismica e non (edifici multipiano, edifici industriali, torri, tralicci, silos, ogni tipologia di fondazione, completa interazione terreno struttura, ponti, infrastrutture stradali, strutture in muratura) con qualsiasi materiale. La libreria di elementi finiti è molto vasta e comprende beam a sezione variabile, truss resistenti a sola trazione e/o sola compressione, elementi Wall per pareti antisismiche, plate, solid, plane stress, plane strain, piastre irrigidite ortotrope, etc.

MIDAS / Gen offre vari sistemi di menu e finestre per perseguire l'ottimizzazione dello spazio. Inoltre, fornisce finestre supplementari come Tree Menu e menu Task, e una barra degli strumenti che può essere personalizzato dall'utente

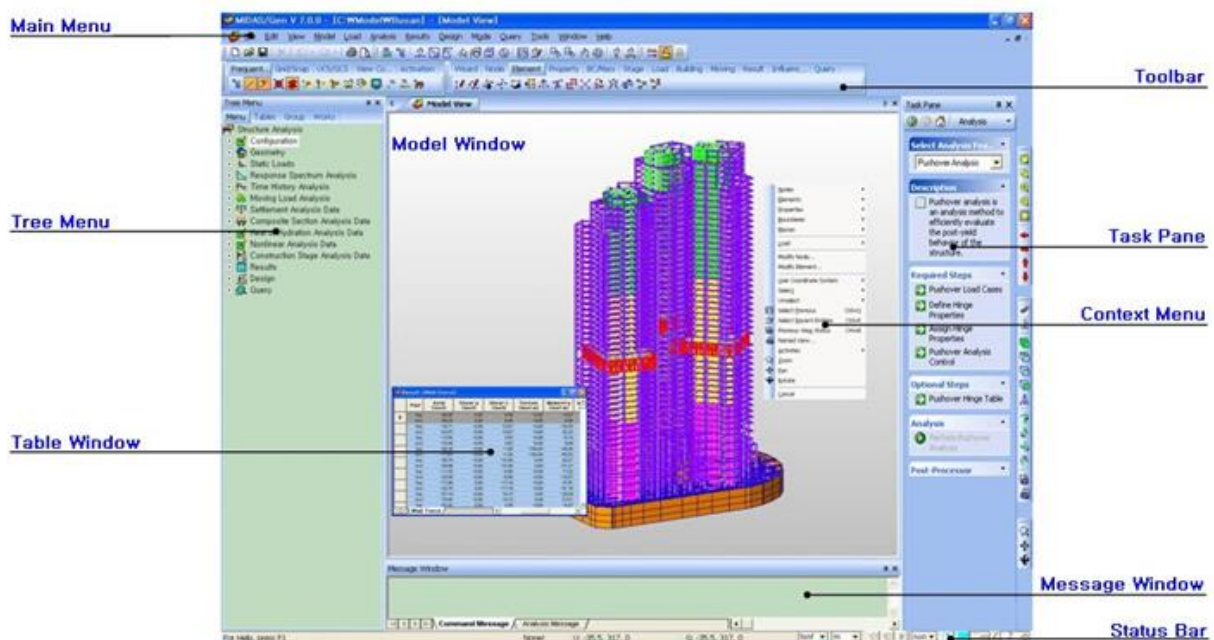


Figura 1 - Schermata iniziale del software MIDA GEN

**Main Menu** >>> Questa è la finestra di lavoro in cui vengono eseguiti modellazione e di post-elaborazione utilizzando le varie funzioni GUI di MIDAS / Gen. Quando il programma viene eseguito, la pagina iniziale di link al sito MIDAS ([www.MidasUser.com](http://www.MidasUser.com)), dove si posso trovare tutte le informazioni utili sul software.

**Main Menu** >>> Il Main Menu ospita tutti i comandi ei tasti di scelta rapida che sono necessari per il funzionamento di MIDAS / Gen.

**Tree Menu** >>> Una serie di processi di lavoro, dalla modellazione alla analisi, la progettazione e la generazione di fogli di calcolo, è presente in modo sistematico. La Struttura del menu guida la procedura di richiesta e richiama la relativa

---

casella di dialogo in modo che anche un principiante, ma anche in qualità di esperto, in modo efficiente eseguire il lavoro senza un errore.

**Toolbar >>>** MIDAS / Gen offre un menu delle icone simbolo di ogni funzione, che consente un facile accesso ai menu di uso frequente. Inoltre, altri tipi di menu icone sono raggruppate in schede (barra degli strumenti a schede). Questo permette all'utente di identificare correttamente il menu delle icone con facilità.

**Task Pane >>>** Simili tipi di menu a icone sono raggruppate in schede (barra degli strumenti a schede). Questo permette all'utente di identificare correttamente il menu delle icone con facilità. Il riquadro attività visualizza la procedura di lavoro per funzioni avanzate di analisi e descrizione di oggetti in ingresso, in modo da consentire all'utente di lavorare con facilità.

**Context Menu >>>** È sufficiente fare clic con il mouse sulla finestra del modello o Works Albero per richiamare il menu di scelta rapida, come ad esempio le funzioni ed a funzioni di uso frequente, a seconda della situazione di lavoro, enti selezionati e la posizione click.

**Table Window >>>** Il Table Window genera dati di input diversi e risultati di analisi in una tabella in formato foglio di calcolo, che è simile a MS-Excel.

Nella Table Window, è possibile modificare, aggiungere, cercare e ordinare i dati. Inoltre, grafico che traccia è possibile entro MIDAS / Gen e la tabella è compatibile con i programmi di calcolo più commerciali, tra cui MS-Excel.

**Message Window >>>** Vari messaggi di informazione e di allarme o di errore, che sono utili per la modellazione e l'analisi, vengono visualizzati.

**Status Bar >>>** Nella barra di stato, controllare le coordinate come per ogni sistema di coordinate, sistema di unità, selezionare l'opzione di filtro, a scatto l'elemento di controllo posizione e così via, che consentirà di aumentare l'efficienza del lavoro

### 16.5.1) Ogni tipo di carico, carichi mobili, linee e superficie di influenza

Ampia casistica di carichi tipici di travi e piastre, infinite condizioni di carico, gestione automatica delle combinazioni di carico, conversione automatica di carichi in masse tramite il coefficiente Psi, traduzione automatica di masse in carichi per analisi push-over.

### 16.5.2) Analisi rispondenti ad Eurocodici e Normativa Italiana

Ogni tipo di analisi prevista dalle **NTC2018** analisi sismica statica equivalente; analisi dinamica lineare (spettro di risposta); analisi dinamica nonlineare per smorzatori e dissipatori; analisi dinamica completamente nonlineare con



integrazione al passo (considerando isteresi dei materiali). Molteplici opzioni per analisi dinamiche non lineari con cerniere plastiche concentrate, distribuite e modelli a fibre, applicazione di qualsiasi spettro sismico di progetto definito dall'utente, applicazione di molteplici accellerogrammi diversi e in diversi punti della struttura, diverse normative internazionali implementate, molteplici tipologie di isolatori e smorzatori sismici lineari e non lineari.

### 16.5.3) Verifica di strutture esistenti in muratura, calcestruzzo, acciaio e legno

Gen FX offre la possibilità di analizzare agevolmente strutture esistenti realizzate in materiali variegati e disomogeni, con qualsiasi intervento di retrofitting. Ogni materiale viene modellato numericamente con gli algoritmi migliori attualmente disponibili a livello mondiale. Murature a conci disomogenei: modello di materiale "Strumas", del Prof. Pande, collaboratore di Zienkiewicz all'università di Swansea (UK). Presente in MIDAS/Gen sia in versione lineare che nonlineare, permette di considerare i blocchi di muratura ed i corsi di malta, così come ottenuti da un rilievo in situ, come richiesto da **NTC2018** in tema di edifici esistenti in muratura. Usato per modellare muri con elementi finiti di tipo solido (brick), viene usato in accoppiamento a qualsiasi altro elemento finito per simulare l'ulteriore presenza di travi, tiranti, solai, interventi di rinforzo in CA, etc. La versione lineare, col pregio di avere una solida convergenza, individua i campi di frattura e fessurazione. La versione non lineare permette di eseguire delle vere e proprie analisi di pushover di strutture murarie non assimilabili a telai (ovvero la maggior parte dei casi). Nella modellazione a telaio equivalente per **analisi non lineari statiche di Pushover** sono presenti svariate tipologie di cerniere plastiche con comportamento di materiali per simulare acciaio, CA (con metodi FEMA, Eurocodice 8, OPCM 3274 e NTC2018) e muratura (con metodo SAM, descritto dal Prof. Magenes). Come unica ed originale opzione, Gen prevede di valutare alternativamente alle cerniere plastiche la schematizzazione di travi e pilastri a fibre con formulazione "force based" secondo la teoria di Spacone e Filippou (Berkeley), assolutamente performante (in termini di convergenza e rapidità) rispetto alle comuni analisi a fibre nel tradizionale metodo degli spostamenti.

### 16.5.4) Analisi della Costruzione per Fasi

Gestione completa e semplice di tutte le tipologie strutturali, trattazione completa delle fasi costruttive con possibilità di attivare o disattivare in qualsiasi fase elementi finiti, boundaries, carichi, parametri reologici dei materiali; il tutto senza creare file multipli o analisi di restart.

### 16.5.5) Precompressione gestita in modo completo

Gestione completa della precompressione, anche in 3D, quindi con possibilità inserire cavi di precompressione in un qualsiasi modello strutturale, tramite l'inserimento di tracciati di cavi pretesi o post-tesi. Vasta gamma di sezioni parametriche, sezioni composte, sezioni in acciaio, ecc... con visualizzazione dello stato pensionale in output. Possibilità di **importare ed esportare il modello 3D in file dxf**, integrazione con Autodesk © Revit Structure e Tekla.

## 16.5.6) Interazione terreno-struttura

Analisi terreno-struttura con molle generalizzate, lineari e non-lineari, elastoplastiche con hardening, cedimenti differenziati del terreno applicabili non contemporaneamente nello stesso modello.

### 16.6) Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### 16.7) Validazione dei codici

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del DM 17.01.2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore MIDAS e il distributore Harpaceas s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e verifica del software MIDAS GEN. Si fa presente che sul sito [www.MidasUser.com](http://www.MidasUser.com) e sul sito [www.harpaceas.it/](http://www.harpaceas.it/) sono disponibili sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti formati da centinaia di pagine si ritiene pertanto sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MIDAS/GEN è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e nonlineare, con estensione per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare utilizzato in analisi statica è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multi-frontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore.

Grande attenzione è stata posta sugli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati trattati dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità.

Di seguito viene proposto l'indice degli esempi di validazione trattati.

## Introduction

Gen Verification Examples contain the verified results of various program functions.

Each example entails a general verification process which confirms the validity of the structural analysis results. These results are compared with theoretical results and the results based on recognized technical reports. Each example is also compared with other similar programs results in this manual.

This manual consists of Title, Description, Model, Results and Comparison of Results of each example with brief explanations.

The references list publications at the end of each example and include lists of other analysis programs used to verify the examples.

Other programs used are as follows:

ADINA

ADINA R&D Inc.

ANSYS

ANSYS Inc.

ETABS

Computers and Structures, Inc.

MSC/NASTRAN

MSC. Software Co. Ltd.

NISA II

Engineering Mechanics Research Corporation

SAP2000

Computers and Structures, Inc.

STAAD/PRO

Research Engineers, Inc.

Relatively small magnitude of structural programs are illustrated in this manual in order to example specific capabilities of the program.

## Verification Examples

### *Static Analysis*

Static-1	Statically indeterminate structural analysis for reaction forces
Static-2	Continuous beam with fixed ends and an intermediate hinge support
Static-3	Overhanging beam analysis
Static-4	Circular ring structure
Static-5	Symmetric frame structure subjected to rotational forces
Static-6	Plane frame with beam span loads
Static-7	Beam with elastic supports and an internal hinge
Static-8	Cantilever beam with a rotational spring at the support
Static-9	Beam on elastic foundation
Static-10	Tapered cantilever beam subjected to a concentrated load at a free end
Static-11	2-D plane truss
Static-12	Cantilever beam with an in plane vertical load at a free end
Static-13	Cantilever plate subjected to a uniform pressure load
Static-14	Tapered cantilever beam subjected to a vertical load at a free end
Static-15	Closed section beam under a torsional moment
Static-16	Cantilever beam subjected to various static loads
Static-17	Curved cantilever beam subjected to forces at a free end
Static-18	Stress concentration around a hole in a square plate
Static-19	Simply supported square plate under a uniform pressure load
Static-20	Clamped square plate with a central concentrated load
Static-21	Twisting effect of a simply supported square plate
Static-22	Simply supported cylindrical shell
Static-23	Thin cylindrical shell under two point loads
Static-24	Hemispherical shell under concentrated loads
Static-25	Thick cylinder subjected to an internal pressure load
Static-26	2-D plane structure with an inclined support
Static-27	Plane truss subjected to various static loads
Static-28	Prestressed beam subjected to the uniformly distributed load
Static-29	Plane curved bar subjected to an out-of-plane load
Static-30	Solid cantilever beam subjected to shear force and bending moment
Static-31	Elliptic membrane under uniformly distributed load
Static-32	Tapered plate (beam) under static load
Static-33	Twisted beam under tip shear loads
Static-34	Pinched thin-walled cylinder
Static-35	Bending of a curved thick beam of a rectangular cross section
Static-36	Cantilever bar of z-cross section torsion
Static-37	Twisted solid cantilever beam subjected to in-plane and out-of-plane shear forces
Static-38	Curved solid beam loaded in its plane
Static-39	Long thick-walled cylinder subjected to internal pressure load
Static-40	A thin cylinder subjected to a uniform axial loading
Static-41	A circular slab subjected to a pressure load
Static-42	A bi-articulated slim arch
Static-43	Stretching of an orthotropic solid
Static-44	Circular plate under edge pressure and point load
Static-45	Circular clamped plate under normal pressure
Static-46	Simply supported composite beam
Static-47	Built in beam thermal stress

**Material Nonlinear Analysis**

MNL-1	3-D, 2-story steel frame pushover analysis
MNL-2	Plane strain plasticity
MNL-3	Plane stress plasticity
MNL-4	Solid plasticity

**Geometric Nonlinear Analysis**

GNL-1	Geometric nonlinear analysis of a high arch structure
GNL-2	Stress analysis of a cable net structure
GNL-3	Buckling/post-buckling analysis of a truss structure (snap through)
GNL-4	Geometrical nonlinear analysis of a cantilever beam subjected to an end force
GNL-5	Snap-through
GNL-6	Snap-back
GNL-7	Static large displacement analysis of a tower cable
GNL-8	Static large displacement analysis of a cable supporting hanging loads
GNL-9	Static large displacement analysis of a curved cantilever beam under free end load
GNL-10	Geometrical nonlinear analysis of a cantilever beam subjected to an end moment

**P-Delta Analysis**

PDelta-1	P-Delta effect analysis of the beam
PDelta-2	P-Delta effect analysis for three planar columns
PDelta-3	P-Delta effect analysis of a portal frame

**Thermal Stress Analysis**

TS-1	Analysis of a structure due to temperature change
TS-2	Structure under a temperature gradient force

**Eigenvalue Analysis**

Eigen-1	Eigenvalue analysis of a two DOF system
Eigen-2	Simple beam with a lumped mass supported on two springs
Eigen-3	Eigenvalue analysis of a shaft with three disks
Eigen-4	Eigenvalue analysis of a simple supported shaft
Eigen-5	Eigenvalue analysis of a cantilever
Eigen-6	Eigenvalue analysis of a cantilever plate
Eigen-7	Behavior of a cantilever under concentrated loads at the free end
Eigen-8	3-D single story frame structure
Eigen-9	Eigenvalue and static analysis of a 5-level pyramid building under a lateral loads
Eigen-10	Eigenvalue analysis of a skewed cantilever plate
Eigen-11	Eigenvalue analysis of a thin simply supported rectangular plate
Eigen-12	Fundamental frequency of a simply supported beam
Eigen-13	Eigenvalue analysis of cantilever cylindrical vault
Eigen-14	Eigenvalue analysis of a simply supported solid square plate
Eigen-15	Eigenvalue analysis of simply supported thin annular plate
Eigen-16	Free vibration analysis of a cable net structure
Eigen-17	Eigenvalue analysis of a slim circular ring fixed by 2 points

**Response Spectrum Analysis**

RS-1	Dynamic response spectrum analysis of a 2-D, 3-story plane frame
RS-2	2-D 7-story frame building under static and dynamic loads
RS-3	3-D, 2-story unsymmetric structure
RS-4	3-D, 2-story frame structure
RS-5	25-story linked triple tower building

**Linear Time History Analysis**

TH-1	Transient response to a step excitation
TH-2	Simply supported beam subjected to dynamic loads
TH-3	Simply supported beam subjected to a traveling dynamic load
TH-4	Dynamic modal response for 2-D rigid frame
TH-5	Tower structure under a harmonic exciting force

**Boundary Nonlinear Analysis**

BNL-1	Nonlinear analysis for a structure partially consisted of tension only elements
BNL-2	Analysis of a structure with nonlinear elements
BNL-3	Boundary nonlinear time history analysis

**Buckling Analysis**

Buckling-1	Buckling analysis of column
Buckling-2	3-Member Frame

**Heat of Hydration Analysis**

Hydration-1	Heat of hydration analysis of a quarter of a rectangular model
-------------	--

**Time Dependent Material Analysis**

TDM-1	Tendon prestressing loss by friction, slip and relaxation
TDM 2	Creep & shrinkage analysis of a beam

**Moving Load Analysis**

ML-1	Continuous 2-span bridge subjected to a moving load
ML-2	Rahmen(plate-frame) bridge subjected to a moving load

**Load Factor Optimization Analysis**

LFO-1	Tensile forces of cable members in a cable stayed bridge
LFO-2	Long span beam with leveling forces

Di seguito, a titolo esemplificativo, viene proposto un esempio di validazione.

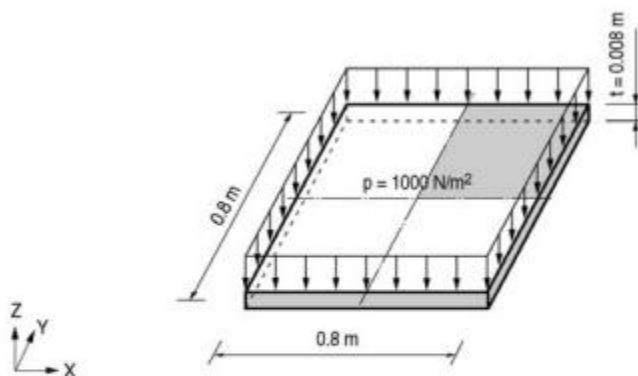
## Static-19

### Title

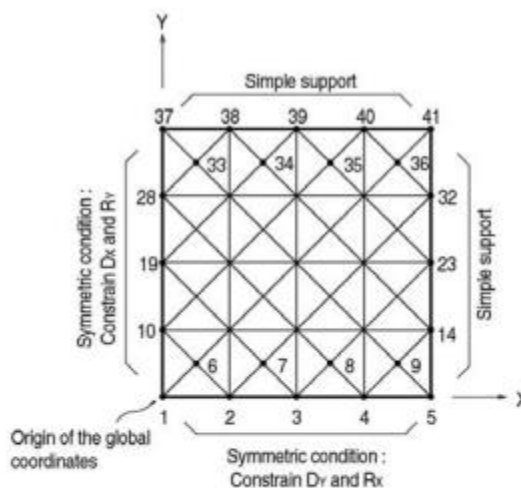
Simply supported square plate under a uniform pressure load

### Description

Calculate the vertical displacements of a square plate under a uniform pressure load. Only a quarter model may be analyzed due to symmetry.



(a) Simply supported along four edges



(b) Quarter model

*Structural geometry and analysis model*



## Model

### Analysis Type

3-D static analysis

### Unit System

m, N

### Dimension

Length 0.4 m Width 0.4 m

### Element

Plate element (Thick type)

### Material

Modulus of elasticity  $E = 2.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$

Poisson's ratio  $\nu = 0.3$

### Element Property

Triangular base  $\times$  Height =  $0.1 \times 0.05$

Thickness  $t = 0.008 \text{ m}$

### Boundary Condition

Nodes 1 ~ 5 ; Constrain Dy and Rx . (Symmetric about X-axis)

Nodes 1, 10, 19, 26 and 37 ; Constrain Dx and Ry. (Symmetric about Y-axis)

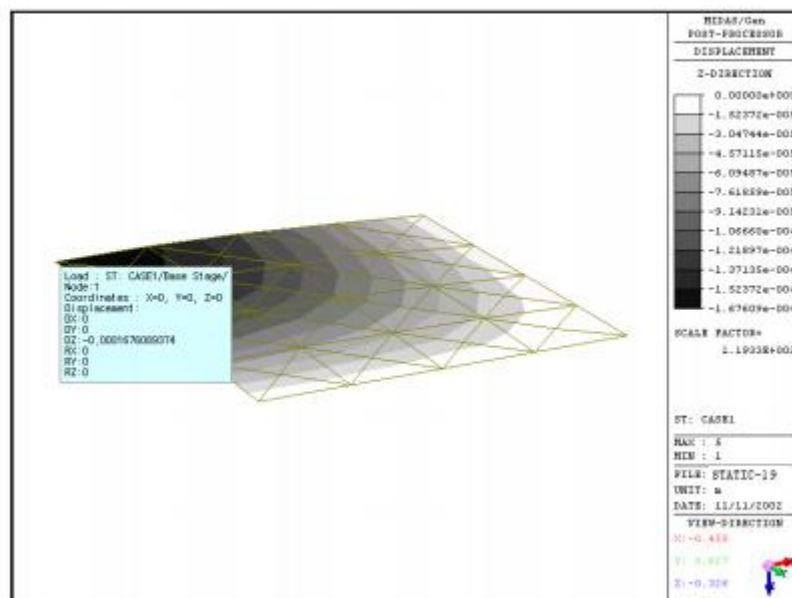
Nodes 37 ~ 41 ; Constrain Dz and Ry. (Simple supports)

Nodes 5, 14, 23, 32 and 41 ; Constrain Dz and Rx. (Simple supports)

### Load Case

A pressure load,  $1000 \text{ N/m}^2$  is applied in the -Z direction.

## Results



Z-displacements of the structure (Node 1)



## Comparison of Results

Node I	Theoretical	ADINA	Unit : m
			MIDAS/Gen
Z-displacement ( $\delta_z$ )	$1.689 \times 10^{-4}$	$1.675 \times 10^{-4}$	$1.676 \times 10^{-4}$

## References

Timoshenko, S. P., and Woinowsky-Krieger, S., “*Theory of Plates and Shells*”, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1959.

“*ADINA, Verification Manual - Linear Problems*”, Version 6.1, ADINA R&D, Inc, 1992, Example A. 27.

### 16.8) Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.

In aggiunta a quanto esposto nei paragrafi precedenti sono stati accertati che i risultati delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati alla struttura. Inoltre, attraverso l'utilizzo delle formulazioni ricavate dalla Scienza delle Costruzioni su schemi piani, sono stati effettuati controlli su combinazione elementari, per verificarne la loro validità. Lo stesso discorso è valido per le deformazioni.

Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili. Dunque, il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinati risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confrontati anche con la propria esperienza personale.

**Picotto Franco**  
**Ingegnere**

COMUNE DI  
**VILLAFRANCA (TO)**

**Proprietà: COMUNE DI VILLAFRANCA**

OGGETTO:

**RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO**

**Ampliamento scuola secondaria - Progetto di realizzazione mensa e refettorio.**

**Tettoia di accesso alla mensa/refettorio**



## INDICE

1) Descrizione della struttura.....	6
2) Ubicazione della struttura .....	7
3) Normativa di riferimento.....	8
3.1) Struttura .....	8
3.2) Carichi e sovraccarichi .....	8
3.3) Terreni e fondazioni.....	8
4) Prestazioni di progetto, classe della struttura, vita utile e procedure di qualità.....	9
4.1) Vita nominale [par. 2.4.1] .....	9
4.2) Classi d'uso [par. 2.4.2].....	9
4.3) Periodo di riferimento per l'azione sismica [par. 2.4.3] .....	9
4.4) Prescrizioni di cui al par. 3.2 .....	10
5) Materiali utilizzati .....	10
5.1) Conglomerato cementizio.....	10
5.1.1) Qualità dei componenti .....	10
5.1.2) Prescrizione per inerti.....	10
5.1.3) Prescrizione per il disarmo.....	11
5.1.4) Prospetto 1 – UNI 11104:2004 .....	11
5.1.5) Prospetto 4. - UNI 11104:2004 .....	12
5.1.6) Conglomerato per getti non armati.....	13
5.1.7) Copriferro nominale.....	13
5.1.8) Diametro massimo aggregati.....	13
5.2) Barre di armatura per cemento armato ordinario.....	14
5.2.1) Caratteristiche meccaniche .....	14
5.2.2) Peculiarità di impiego .....	14
5.2.3) Reti e tralici elettrosaldati.....	15
5.3) Acciaio per carpenteria metallica .....	16
5.3.1) Processo di saldatura .....	17
5.3.2) Caratteristiche meccaniche bulloneria .....	17
5.4) Dichiarazione di rispondenza dei materiali.....	17
5.5) Coefficienti parziali di sicurezza.....	18
6) Caratteristiche generali della costruzione .....	19
6.1) Tipo di costruzione:.....	19
6.2) Tipologia strutturale: .....	19
6.3) Criteri di progettazione e modellazione come definiti al par.7.2 .....	19
6.3.1) Classe di duttilità.....	19

6.3.2)	Regolarità.....	19
6.3.3)	Giunti di separazione fra strutture contigue.....	20
6.3.4)	Tipologia strutturale .....	20
6.3.5)	Fattore di struttura .....	20
6.3.6)	Elementi non strutturali.....	21
6.3.7)	Impianti.....	21
6.3.8)	Fondazioni e collegamenti in fondazione .....	21
6.3.9)	Criteri adottati per la definizione del modello della struttura (par. 7.2.6) .....	21
7)	Metodo di calcolo: analisi dinamica modale .....	22
7.1)	Masse eccitate .....	24
7.2)	Modi propri di vibrare.....	24
7.3)	Verifica della non linearità geometrica.....	25
7.4)	Azioni sismiche.....	27
8)	Criteri di concezione e di schematizzazione strutturale, modellazione del terreno, proprietà dei materiali, efficacia del modello.....	30
9)	Criteri per la misura della sicurezza .....	31
9.1)	Metodo di calcolo agli stati limite.....	31
10)	Particolari costruttivi .....	31
11)	Presentazione del modello strutturale e sue proprietà.....	32
11.1)	I NODI.....	32
11.2)	Materiali.....	32
11.3)	Sezioni.....	34
11.4)	Schematizzazione delle azioni, condizioni e combinazioni di carico.....	34
11.4.1)	Carichi applicati alla struttura.....	35
11.4.2)	Combinazioni di carico [par. 2.5.3] .....	38
11.4.3)	COMBINAZIONE dell'azione SISMICA con le altre azioni variabili.....	39
12)	Gli elementi finiti utilizzati nella modellazione.....	40
12.1)	Elemento frame (trave e pilastro, trave di fondazione).....	40
12.2)	Elemento shell (guscio) .....	41
12.3)	Elemento Wall.....	44
12.4)	Elemento boundary (vincolo) .....	47
12.5)	Masse.....	49
12.5.1)	Midas gestisce:.....	49
13)	Verifiche di rigidezza (RIG) allo stato limite di esercizio [par. 7.3.6.1].....	50
14)	Verifiche di opere in cemento armato con il metodo degli stati limite .....	51
14.1)	I RISULTATI PER ELEMENTI GUSCIO .....	51
15)	Verifiche di opere in acciaio con il metodo DM17/01/18 con integrazione dell'Eurocodice 3 .....	52

15.1)	Verifiche a SLU .....	52
15.2)	Verifiche a SLE.....	58
17)	Dati modello .....	59
18)	Tabulati di verifica acciaio.....	64
18.1)	Combinazioni di verifica.....	64
18.2)	Verifica dettagliata sezione maggiormente sollecitata.....	67
18.3)	Verifica sintetica aste.....	70
19)	Tabulati verifica c.a. ....	73
19.1)	Combinazioni di verifica.....	73
19.3)	Verifica sintetica platea in c.a. ....	75
19.3.1)	Armatura inferiore orizzontale .....	75
19.3.2)	Armatura superiore orizzontale.....	76
19.3.1)	Armatura inferiore verticale .....	77
19.3.2)	Armatura superiore verticale.....	78
19.3.3)	Verifica a punzonamento.....	79
20)	Pressione sulla fondazione .....	80
21)	Verifica dettagli costruttivi .....	81
22)	Dichiarazione di rispetto delle verifiche a stato limite .....	82
23)	Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2) .....	83
23.1)	Tipo di analisi svolta.....	83
23.2)	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo .....	83
23.3)	Affidabilità dei codici di calcolo .....	83
23.4)	Modalità di presentazione dei risultati.....	83
23.5)	Presentazione del software .....	84
23.5.1)	Ogni tipo di carico, carichi mobili, linee e superficie di influenza.....	85
23.5.2)	Analisi rispondenti ad Eurocodici e Normativa Italiana .....	85
23.5.3)	Verifica di strutture esistenti in muratura, calcestruzzo, acciaio e legno.....	86
23.5.4)	Analisi della Costruzione per Fasi .....	86
23.5.5)	Precompressione gestita in modo completo .....	86
23.5.6)	Interazione terreno-struttura .....	87
23.6)	Informazioni generali sull'elaborazione.....	87
23.7)	Validazione dei codici .....	87
23.8)	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	94

## 1) Descrizione della struttura

La presente è oggetto di relazione di calcolo di nuova realizzazione di una tettoia in acciaio di collegamento del nuovo fabbricato adibito a mensa-refettorio con il fabbricato esistente della scuola secondaria di 1° grado statale del comune di Villafranca Piemonte.

La struttura è realizzata in carpenteria metallica con n. 6 pilastri costituiti da profili tubolari di sezione 168,3x4 mm, travi principali costituite da HEA120 e arcarecci costituiti da profili scatolari di sezione 60x60x4 mm.

La struttura presenta due campate in direzione longitudinale di lunghezza 2785 mm. In direzione trasversale è presente una sola campata. I pilastri adiacenti al fabbricato della scuola presentano interasse 1400 mm mentre gli altri pilastri presentano interasse 1700 mm

La struttura di fondazione è realizzata con una platea in c.a. di spessore 30 cm.

La dimensione in pianta del fabbricato è di circa 5,91 m per 2,30 m con un'altezza di 3.175 m.

Le strutture in c.a. sono tutte gettate in opera.

Località: VILAFRANCA P.TE

Provincia: TORINO

Regione: PIEMONTE

Altitudine s.l.m.: 253.0 m

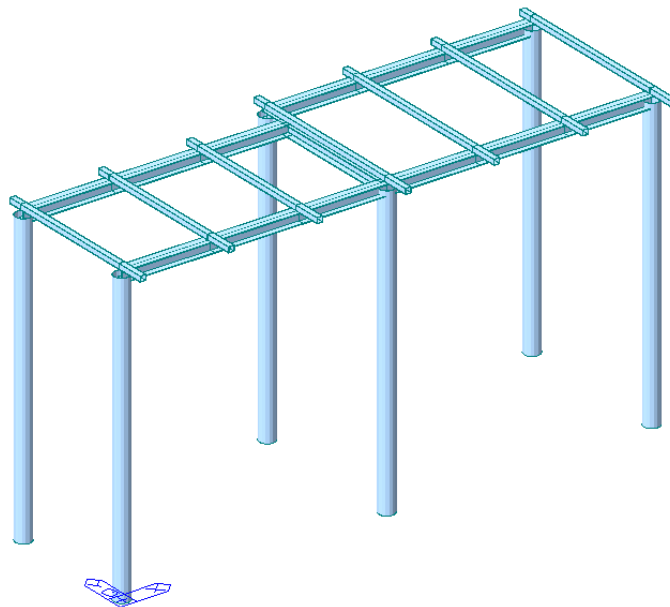


Figura 1 - Vista tridimensionale struttura

## 2) Ubicazione della struttura

Localizzazione dell'intervento: Cavour (TO), Via Pellosa n. 26/C

Coordinate Gps :

    Latitudine : 44.781250

    Longitudine: 7.4497219

Zona sismica del sito : 3

Categoria del sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Amplificazione stratigrafica Ss: 1,453

Amplificazione topografica ST: 1,00



## 3) Normativa di riferimento

### 3.1) Struttura

**D.M. 17 gennaio 2018** - Norme tecniche per le costruzioni

**Circolare 2 febbraio 2009, n°617** – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008

Norme di cui è consentita l'applicazione ai sensi del cap. 12 del D.M. 17 gennaio 2018:

**UNI EN 1990: 2004 - Eurocodice 1** – Criteri generali di progettazione strutturale.

**UNI ENV 1991-1-1: 2004; -1-2; 1-3; 1.5 ; UNI ENV 1991-2-4: 1997** - Azioni sulla struttura.

**Eurocodice 2** - Progettazione delle strutture in calcestruzzo.

**UNI ENV 1992-1-1** Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.

**Eurocodice 3** – Progettazione delle strutture in acciaio.

**UNI ENV 1993-1-1** - Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.

**UNI EN 206-1/2001** - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.

Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici – "Linee Guida sul calcestruzzo strutturale" –

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

**NORME UNI EN** armonizzate

**ISTRUZIONI DEL CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI**

**LINEE GUIDA DEL SERVIZIO TECNICO CENTRALE DEL CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI**

**ISTRUZIONI E DOCUMENTI TECNICI DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE (C.N.R.)**

### 3.2) Carichi e sovraccarichi

**D.M. 17 gennaio 2018** - Norme tecniche per le costruzioni

**Circolare 2 febbraio 2009, n°617** – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008

### 3.3) Terreni e fondazioni

**D.M. 17 gennaio 2018** - Norme tecniche per le costruzioni

**Circolare 2 febbraio 2009, n°617** – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008

## 4) Prestazioni di progetto, classe della struttura, vita utile e procedure di qualità

Le prestazioni della struttura e le condizioni per la sua sicurezza sono state individuate comunemente dal progettista e dal committente. A tal fine è stata posta attenzione al tipo della struttura, al suo uso e alle possibili conseguenze di azioni anche variabili; particolare rilievo è stato dato alla sicurezza delle persone.

Risulta così definito l'insieme degli stati limite riscontrabili nella vita della struttura ed è stato accertato, in fase di dimensionamento, che essi non siano superati.

Altrettanta cura è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere adeguatamente realizzate solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera. Per quanto riguarda la durabilità si sono presi tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture, in considerazione dell'ambiente in cui l'opera dovrà vivere e dei cicli di carico a cui sarà sottoposta. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

In fase di costruzione saranno attuate severe procedure di controllo sulla qualità, in particolare per quanto riguarda materiali, componenti, lavorazione, metodi costruttivi.

Saranno seguiti tutti gli inderogabili suggerimenti previsti nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni".

### 4.1) Vita nominale [par. 2.4.1]

Per la struttura in oggetto è stata prevista una vita nominale  $V_N$  di 100 anni, nei quali la struttura sarà utilizzata per lo scopo di progettazione, purché sia soggetta a manutenzione ordinaria.

### 4.2) Classi d'uso [par. 2.4.2]

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o in un eventuale collasso, la struttura è stata considerata di CLASSE III, corrispondente a :

*"Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso."*

Essendo la struttura di fondazione a livello del piano di campagna, non è stata considerata l'azione sismica su di essa ed è perciò stata eseguita analisi statica.

### 4.3) Periodo di riferimento per l'azione sismica [par. 2.4.3]

L'azione sismica di progetto viene valutata in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  calcolato con la seguente relazione:

$$V_R = V_N * C_u = 100 * 1,5 = 150 \text{ anni}$$

( $C_u$  dipende dalla classe d'uso: in classe III è pari a 1,5)

#### 4.4) Prescrizioni di cui al par. 3.2

In riferimento alle prescrizioni di cui al par.3.2 si definiscono i seguenti parametri:

Categoria del sottosuolo	C	
Categoria topografica	T1	
Amplificazione topografica	$S_T = 1$	
Zona sismica del sito	Zona 3	
Coordinate geografiche del sito	Lon. = 7.505000° E	Lat. = 44,780500° N

### 5) Materiali utilizzati

I materiali costruttivi impiegati sono rispondenti ai requisiti imposti dalla norma al par.4.1, al par. 7.4.2 ed al cap.11. Nei tabulati di calcolo sono specificate le singole caratteristiche dei materiali utilizzati.

#### 5.1) Conglomerato cementizio

##### 5.1.1) Qualità dei componenti

La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine. La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 16 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione. In definitiva gli inerti dovranno essere lavati ed esenti da corpi terrosi ed organici. Non sarà consentito assolutamente il misto di fiume. L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere potabile, priva di sali (cloruri e solfuri). Potranno essere impiegati additivi fluidificanti o superfluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria.

##### 5.1.2) Prescrizione per inerti

Sabbia viva 0-7 mm, pulita, priva di materie organiche e terrose; sabbia fino a 30 mm (70mm per fondazioni), non geliva, lavata; pietrisco di roccia compatta.

Assortimento granulometrico in composizione compresa tra le curve granulometriche sperimentali:

passante al vaglio di mm 16 = 100%
passante al vaglio di mm 8 = 88-60%
passante al vaglio di mm 4 = 78-36%
passante al vaglio di mm 2 = 62-21%
passante al vaglio di mm 1 = 49-12%
passante al vaglio di mm 0.25 = 18-3%

### 5.1.3) Prescrizione per il disarmo

Indicativamente: pilastri 3-4 giorni; solette modeste 10-12 giorni; travi, archi 24-25 giorni, mensole 28 giorni.

Per ogni porzione di struttura, il disarmo non può essere eseguito se non previa autorizzazione della Direzione Lavori.

### 5.1.4) Prospetto 1 – UNI 11104:2004

Denom. della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione	UNI 9858	A/C MAX	R'ck min.	Dos. Min. Cem. KG.
<b>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>						
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto ad cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasioni, gelo o attacco chimico	1	---	15	---
<b>2 Corrosione indotta da carbonatazione</b> Nota – Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro e nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante, in questi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo ed il suo ambiente.						
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa o immerse in acqua	2a	0,60	30	300
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	2a	0,60	30	300
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia o in interni con umidità da moderata ad alta	5a	0,55	35	320
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette ad alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani.	4a, 5b	0,50	40	340
<b>3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</b>						
XD1	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri	5a	0,55	35	320
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua industriali contenente cloruri (piscine)	4a, 5b	0,50	40	340
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	5c	0,45	45	360
<b>4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>						
XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità	4a, 5b	0,50	40	340
XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersa in acqua	5c	0,45	45	360
XS3	Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare	5c	0,45	45	360
<b>5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti *(NB XF2 – XF3 – XF4 contenuto minimo aria 3%)</b>						
XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate o colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua	4a, 5b	0,50	40	320
XF2*	Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti	3, 4b	0,50	30	340
XF3*	Elevata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo	2b, 4b	0,50	30	340
XF4*	Elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto od indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare	3, 4b	0,45	35	360
<b>6 Attacco chimico **)</b>						

XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acqua reflue	5a	0,55	35	320
XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi	5b	0,50	40	340
XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acqua industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquami provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi e gas di scarico industriali.	5c	0,45	45	360

\*) il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione: *moderato* occasionalmente gelato in condizioni di saturazione; *elevato* alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.

\*\*) da parte di acque del terreno o acqua fluenti

### 5.1.5) Prospetto 4. - UNI 11104:2004

Classi di esposizione																			
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico			
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Massimo rapporto a/c	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45		
Minima classe di resistenza <sup>a)</sup>	C12/15	C25/30	C28/35	C32/40	C32/40	C35/45	C28/35	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30	C28/35	C28/35	C32/40	C35/45	C32/40	C35/45		
Minimo contenuto in cemento (kg/m <sup>3</sup> )	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360	
Contenuto minimo in aria (%)														3,0 <sup>a)</sup>					
Altri requisiti														Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati <sup>b)</sup>	

\*) Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondazioni e ricoprimenti. Per tale classe dovrebbero essere definite le prescrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi.

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI 7087, per la relativa classe di esposizione.

b) Qualora la presenza di solfati comporti le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.

In funzione della classe di resistenza, nei calcoli, si sono adottate le seguenti tensioni di progetto, coerentemente con quanto disposto ai §4.1.2.1.1 del D.M.17.01.2018:

Classe	Rck	fck	fcd	fcm	fctm	fctk0,05	fctd	fbd
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
C12/15	15	12	6,8	20	1,6	1,1	0,7	1,7
C16/20	20	16	9,1	24	1,9	1,3	0,9	2,0
C20/25	25	20	11,3	28	2,2	1,5	1,0	2,3
C25/30	30	25	14,2	33	2,6	1,8	1,2	2,7
C28/35	35	28	15,9	36	2,8	1,9	1,3	2,9
C32/40	40	32	18,1	40	3,0	2,1	1,4	3,2
C35/45	45	35	19,8	43	3,2	2,2	1,5	3,4
C40/50	50	40	22,7	48	3,5	2,5	1,6	3,7
C45/55	55	45	25,5	53	3,8	2,7	1,8	4,0
C50/60	60	50	28,3	58	4,1	2,9	1,9	4,3

## 5.1.6) Conglomerato per getti non armati

Per il getto di pulizia si prescrive l'impiego di calcestruzzo magro a 2 kN/m<sup>2</sup> con sbordo e spessore di almeno 10 cm per tutte le strutture di fondazione.

## 5.1.7) Copriferro nominale

Copriferro minimo per soddisfare i requisiti di aderenza, durabilità ed eventuale resistenza al fuoco (secondo E.C.2 – Parte 1-1 - §4.4.1):

$$c_{nom} [mm] = c_{min} + \Delta c = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; c_{min,fuoco}) + 5 \text{ mm};$$

$c_{min,b} = \varnothing \cdot \sqrt{n_b} =$  copriferro minimo per garantire l'aderenza, pari al diametro per il numero di barre nel caso di eventuale gruppo di barre;

$c_{min,fuoco}$  = garantisce la resistenza all'incendio (gli spessori sono riportati in EN 1992-1-2 nel D.M. 16.02.07);

$c_{min,dur}$  = copriferro minimo per garantire la durabilità dell'opera, in funzione delle classi di esposizione (vedere tabella seguente).

Nella tabella seguente sono riassunti i valori dei prospetti 4.4N e 4.5N dell'EC2, che si riferiscono a strutture con vita utile di 50 e 100 anni.

CLASSE D'ESPOSIZIONE AMBIENTALE	SPESSORE MINIMO DI COPRIFERRO ( $c_{min,dur}$ )			
	VITA UTILE 50 ANNI		VITA UTILE 100 ANNI	
	C.A.	C.A.P.	C.A.	C.A.P.
X0	10	10	20	20
XC1	15	25	25	35
XC2, XC3	25	35	35	45
XC4	30	40	40	50
XS1, XD1	35	45	45	55
XS2, XD2	40	50	50	60
XS3, XD3	45	55	55	65

*Spessori minimi del copriferro secondo i prospetti 4.4N e 4.5N dell'EC 2:2005*

Per classe XC1:

$$c_{nom} [mm] = c_{min} + \Delta c = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; c_{min,fuoco}) + 5 \text{ mm} = 20 \text{ mm};$$

per classe XC2 / XC3:

$$c_{nom} [mm] = c_{min} + \Delta c = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; c_{min,fuoco}) + 5 \text{ mm} = 30 \text{ mm}.$$

## 5.1.8) Diametro massimo aggregati

Come diametro massimo degli aggregati negli impasti, si adotterà per i getti di:

travi, solai e solette:	$D_{max} < 15 \text{ mm}$
pilastrini e setti:	$D_{max} < 20 \text{ mm};$
plinti, travi di fondazione:	$D_{max} < 32 \text{ mm};$
magrone:	$D_{max} < 30 \text{ mm}.$

## 5.2) Barre di armatura per cemento armato ordinario

### 5.2.1) Caratteristiche meccaniche

L'acciaio per cemento armato B450C è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

Tabella 11.3.Ia

$f_{y \text{ nom}}$	450 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t \text{ nom}}$	540 N/mm <sup>2</sup>

Modulo elastico acciaio armatura lenta:  $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Tensione di progetto (§4.1.2.1.1 – D.M.17.01.2018):  $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_M = 391.3 \text{ N/mm}^2$

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente Tab. 11.3.Ib:

Tabella 11.3.Ib

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{y \text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t \text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	10.0
$(f_y/f_{ynom})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$ :	$\geq 7,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 $\phi$	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 $\phi$	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 $\phi$	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 $\phi$	

### 5.2.2) Peculiarità di impiego

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

Gli acciai B450C possono essere impiegati in barre di diametro  $\phi$  delle barre compreso tra 6 e 40 mm. L'uso di acciai B450C in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a  $\phi < 16 \text{ mm}$ .

### 5.2.3) Reti e tralici elettrosaldati

Gli acciai delle reti e tralici elettrosaldati devono essere saldabili. L'interasse delle barre non deve superare i 330 mm. Per le reti e i tralici costituiti con acciaio B450C, gli elementi base devono avere diametro  $\emptyset$  che rispetta la limitazione  $6 \text{ mm} < \emptyset < 16 \text{ mm}$ . Per le reti e i tralici costituiti con acciaio B450A, gli elementi base devono avere diametro  $\emptyset$  che rispetta la limitazione  $5 \text{ mm} < \emptyset < 10 \text{ mm}$  e rispettare le indicazioni della tabella 11.3.lc.

Tabella 11.3.lc

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{y \text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t \text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,05$ $< 1,25$	10.0
$(f_y/f_{y \text{ nom}})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$ :	$\geq 2,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a $90^\circ$ e successivo raddrizzamento senza cricche: $\emptyset < 10 \text{ mm}$	$4\emptyset$	

I nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata secondo quanto riportato nella UNI EN ISO 15630-2.



### 5.3) Acciaio per carpenteria metallica

Si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE. Nelle calcolazioni statiche sono stati impiegati i seguenti valori:

modulo elastico:  $E = 210000 \text{ N/mm}^2$ ;

coefficiente di Poisson:  $\nu = 0,3$

modulo di elasticità trasversale:  $G = E/[2(1 + \nu)] = 80769 \text{ N/mm}^2$

coefficiente di espansione termica lineare:  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$  (per temperature fino a  $100^\circ\text{C}$ )

densità:  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$ .

In sede di progettazione, sono stati assunti i dati sintetizzati di seguito nelle tabelle (D.M. 17.01.2018):

**Tabella 4.2.I – Laminati a caldo con profili a sezione aperta**

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

### 5.3.1) Processo di saldatura

La saldatura degli acciai è prevista con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 287-1:2004 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma UNI EN 287-1:2004, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN 1418:1999. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1:2005.

Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1:2005.

### 5.3.2) Caratteristiche meccaniche bulloneria

I bulloni utilizzati nelle giunzioni devono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:2001, associate nel modo indicato nella tabella sottostante (D.M. 17.01.2018):

Tabella 11.3.XIII.a

	Normali			Ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10

Le tensioni di snervamento  $f_{yb}$  e di rottura  $f_{tb}$  delle viti appartenenti alle classi indicate nella precedente tabella 11.3.XII.a sono riportate nella seguente tabella 11.3.XII.b:

Tabella 11.3.XIII.b

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	300	480	640	900
$f_{tb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	500	600	800	1000

### 5.4) Dichiarazione di rispondenza dei materiali

I materiali costruttivi impiegati sono rispondenti ai requisiti imposti dalla norma al par.4.1, al par. 7.4.2 ed al cap.11.

## 5.5) Coefficienti parziali di sicurezza

STRUTTURE IN C.A. (EN 1992-1-1)	
Calcestruzzo	$\gamma_c = 1,50$
Acciaio per cemento armato	$\gamma_s = 1,15$

Tab. 5 \_ Valori dei coefficienti di sicurezza parziali del materiale

STRUTTURE IN ACCIAIO (EN 1993-1-1)	
Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M1} = 1,10$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1,25$

Tab. 6 \_ Valori dei coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità (by D.M. 14/01/08)

Resistenza dei bulloni	$\gamma_{M2} = 1,25$
Resistenza dei chiodi	
Resistenza delle connessioni a perno	
Resistenza delle saldature a parziale penetrazione e a cordone d'angolo	
Resistenza dei piatti a contatto	
Resistenza a scorrimento per SLU per SLE	$\gamma_{M3} = 1,25$ $\gamma_{M3} = 1,10$
Resistenza delle connessioni a perno allo stato limite di esercizio	$\gamma_{M6,ser} = 1,0$
Prearico di bulloni ad alta resistenza	$\gamma_{M7} = 1,10$

## 6) Caratteristiche generali della costruzione

### 6.1) Tipo di costruzione:

costruzione in acciaio (par. 7.5.)

### 6.2) Tipologia strutturale:

struttura a mensola o a pendolo inverso (par. 7.5.2.1)

### 6.3) Criteri di progettazione e modellazione come definiti al par.7.2

#### 6.3.1) Classe di duttilità

Alla struttura si attribuisca una classe di duttilità bassa CD" B"

#### 6.3.2) Regolarità

La struttura risulta non regolare in pianta in quanto non sono rispettate le seguenti condizioni (par.7.2.1):

- a) la distribuzione di masse e rigidezze è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali e la forma in pianta è compatta, ossia il contorno di ogni orizzontamento è convesso; il requisito può ritenersi soddisfatto, anche in presenza di rientranze in pianta, quando esse non influenzano significativamente la rigidezza nel piano dell'orizzontamento e, per ogni rientranza, l'area compresa tra il perimetro dell'orizzontamento e la linea convessa circoscritta all'orizzontamento non supera il 5% dell'area dell'orizzontamento;
- b) il rapporto tra i lati del rettangolo circoscritto alla pianta di ogni orizzontamento è inferiore a 4;
- c) ciascun orizzontamento ha una rigidezza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidezza degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione.

La struttura risulta regolare in altezza in quanto sono rispettate le seguenti condizioni (par.7.2.1):

- d) tutti i sistemi resistenti alle azioni orizzontali si estendono per tutta l'altezza della costruzione o, se sono presenti parti aventi differenti altezze, fino alla sommità della rispettiva parte dell'edificio;
- e) massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25%, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o di pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base;
- f) il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non è significativamente diverso, in termini di resistenza, per orizzontamenti successivi (tale rapporto, calcolato per un generico orizzontamento, non deve differire più del 30%

dall'analogo rapporto calcolato per l'orizzontamento adiacente); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti;

g) eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengano con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengano in modo che il rientro di un orizzontamento non superi il 10% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante, né il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro orizzontamenti, per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.

### 6.3.3) Giunti di separazione fra strutture contigue

La distanza tra strutture contigue deve essere tale da evitare fenomeni di martellamento.

Lo spostamento massimo in condizioni sismiche della nuova struttura è stata determinata mediante modello di calcolo tridimensionale ed è pari allo spostamento ottenuto dall'analisi moltiplicato per il fattore di struttura, pertanto si ottiene  $0,752 \times 1,00 = 0,752$  cm.

Lo spostamento massimo di una struttura esistente non isolata alla base può essere stimato in  $H/100$  pari a 3,175 cm.

Il giunto minimo da realizzare per evitare fenomeni di martellamento è pertanto pari a 3,927 cm.

La normativa prevede inoltre che la distanza minima tra due punti che si fronteggiano non sia inferiore a  $H/100 \cdot 2 \cdot a_g \cdot S/g$  con  $2 \cdot a_g \cdot S/g \leq 1$  (par.7.2.1).

$$H = 3,175 \text{ m}$$

$$a_g = 1,628$$

$$S = S_S \cdot S_T = 1,453$$

$$\text{Giunto} = \frac{H}{100} \cdot \frac{2 \cdot a_g \cdot S}{g} = 0,483 \text{ cm}$$

### 6.3.4) Tipologia strutturale

struttura a mensola o a pendolo inverso (par. 7.5.2.1)

### 6.3.5) Fattore di struttura

$$q = q_0 \cdot k_r = 2,00$$

La struttura in progetto è tuttavia stata dimensionata come **struttura non dissipativa** con **fattore di struttura**  $q_{ND} = 1,00$  come previsto dal paragrafo 7.3.1 delle NTC2018.

$$1 \leq q_{ND} = \frac{2}{3} q_{CD} \leq 1,5$$

### 6.3.6) Elementi non strutturali

Alcuni elementi (quali tamponamenti, murature, serramenti) vengono considerati non strutturali e pertanto la sia la rigidità che la resistenza di tali elementi vengono ignorate nell'analisi sismica. Di tali elementi si considera soltanto la massa applicata agli elementi strutturali su cui grava il carico.

Ai sensi del par. C.7.3.6.3 della circolare esplicativa n°617/2009, la verifica delle murature perimetrali si può ritenere conseguita con l'inserimento di leggere reti da intonaco sui due lati della muratura, collegate tra loro ed alle strutture circostanti a distanza non superiore a 500 mm sia in direzione orizzontale sia in direzione verticale, ovvero con l'inserimento di elementi di armatura orizzontale nei letti di malta, a distanza non superiore a 500 mm.

### 6.3.7) Impianti

Ai fini del paragrafo 7.2.4 si attesta che ciascun elemento degli impianti non eccede il 30% del carico permanente totale del solaio su cui è collocato o il 10% del carico permanente totale dell'intera struttura, pertanto non ricade nelle prescrizioni successive e richiede uno specifico studio.

### 6.3.8) Fondazioni e collegamenti in fondazione

Il dimensionamento delle strutture di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno, come previsto al par.7.2.5, sono eseguiti assumendo come azione in fondazione, trasmessa dagli elementi soprastanti, una tra le seguenti:

- quella derivante dall'analisi strutturale eseguita ipotizzando comportamento strutturale non dissipativo (v. § 7.3);
- quella derivante dalla capacità di resistenza a flessione degli elementi (calcolata per la forza assiale derivante dalla combinazione delle azioni di cui al § 2.5.3), congiuntamente al taglio determinato da considerazioni di equilibrio;
- quella trasferita dagli elementi soprastanti nell'ipotesi di comportamento strutturale dissipativo, amplificata di un coefficiente pari a  $\gamma_{Rd}=1,30$  in CD "A" e  $\gamma_{Rd}=1,10$  in CD "B";

La platea di fondazione in calcestruzzo armato ha armature longitudinali, secondo due direzioni ortogonali e per l'intera estensione, in percentuale non inferiore allo 0,1% dell'area della sezione trasversale della platea, sia inferiormente sia superiormente.

Il collegamento orizzontale tra le fondazioni richiesto dal par.7.2.5 è garantito da una platea che collega i pilastri nelle due direzioni principali, dimensionata per una azione assiale funzione del profilo stratigrafico e del carico verticale agente sugli elementi collegati.

La platea è posizionata ad una distanza minore o uguale a 1m dall'intradosso degli elementi di fondazione superficiale.

### 6.3.9) Criteri adottati per la definizione del modello della struttura (par. 7.2.6)

Il modello della struttura è tridimensionale e rappresenta le effettive distribuzioni spaziali di massa rigidità e resistenza. Gli elementi non strutturali autoportanti (tamponature) sono rappresentati unicamente in termini di massa senza considerare il contributo alla rigidità e alla resistenza del sistema in quanto non rigidamente collegati con l'ossatura portante.

Non essendo presenti solai rigidi la verifica delle strutture è stata condotta considerando l'effettiva rigidezza degli elementi strutturali.

Per rappresentare la rigidezza degli elementi è adottato un modello lineare che trascura le non linearità di materiale e geometrica. Le azioni conseguenti al moto sismico sono modellate attraverso spettri di risposta studiate con analisi dinamica modale. L'interazione terreno-fondazione non modifica il moto sismico in quanto a favore di sicurezza la struttura risulta incastrata alla base e le fondazioni sono dimensionate tenendo conto di queste sollecitazioni opportunamente maggiorate dai fattori definiti al par.7.2.5.

Per tenere conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, al centro di massa è attribuita una eccentricità accidentale rispetto alla sua posizione, valutata pari a 0.05 volte la dimensione dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell'azione sismica. Detta eccentricità è assunta costante per entità e direzione su tutti gli orizzontamenti.

## 7) Metodo di calcolo: analisi dinamica modale

La struttura è stata analizzata e verificata con un'analisi elastica lineare in condizioni statiche secondo quanto previsto al par.4.1.1.1 e con un'analisi lineare dinamica in condizioni sismiche come previsto al par.7.3.3.1. La verifica sismica ha contemplato l'analisi modale con spettro di risposta utilizzando i parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  forniti in allegato alla norma.

L'analisi lineare dinamica, è condotta secondo tre passaggi fondamentali:

- 1) determinazione dei modi di vibrare "naturali" della costruzione (analisi modale);
- 2) calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;
- 3) combinazione degli effetti relativi a ciascun modo di vibrare.

Il sistema da analizzare è visto come un oscillatore a  $n$  gradi di libertà, di cui vanno individuati i modi propri di vibrazione. Il numero di frequenze da considerare è un dato di ingresso che l'utente deve assegnare. In generale si osserva che il numero di modi propri di vibrazione non può superare il numero di gradi di libertà del sistema. L'equilibrio dinamico della struttura viene espresso attraverso la seguente equazione dinamica:

$$[M]\ddot{u}(t) + [C]\dot{u}(t) + [K]u(t) = -[M]w_g(t)$$

where,

$[M]$  : Mass matrix

$[C]$  : Damping matrix

$[K]$  : Stiffness matrix

$w_g(t)$  : Ground acceleration

and,  $u(t)$ ,  $\dot{u}(t)$  and  $\ddot{u}(t)$  are relative displacement, velocity and acceleration respectively.

La procedura attua l'analisi dinamica in due fasi distinte: la prima si occupa di calcolare le frequenze proprie di vibrazione, la seconda calcola spostamenti e sollecitazioni conseguenti allo spettro di risposta assegnato in input.

Nell'analisi spettrale il programma utilizza lo spettro di risposta assegnato in input, coerentemente con quanto previsto dalla normativa. L'ampiezza degli spettri di risposta è determinata dai parametri sismici previsti dalla normativa e assegnati in input dall'utente.

La procedura calcola inizialmente i coefficienti di partecipazione modale per ogni direzione del sisma e per ogni frequenza. Tali coefficienti possono essere visti come il contributo dinamico di ogni modo di vibrazione nelle direzioni assegnate. Si potrà perciò notare in quale direzione il singolo modo di vibrazione ha effetti predominanti. Devono essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. È opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%.

Per la combinazione degli effetti relativi ai singoli modi viene utilizzata una combinazione quadratica completa degli effetti relativi a ciascun modo, quale quella indicata nell'espressione :

➤ **CQC (Complete Quadratic Combination)**

<Eq. 4>

$$R_{\max} = \left[ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N R_i \rho_{ij} R_j \right]^{1/2}$$

con:

$R_{\max}$  valore dell'effetto relativo al modo j;

$\rho_{ij}$  coefficiente di correlazione tra il modo i e il modo j, calcolato con formule di comprovata validità quale:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2\beta_{ij}^{3/2}}{(1+\beta_{ij})[(1-\beta_{ij})^2 + 4\xi^2\beta_{ij}]}$$

$\xi$  = smorzamento viscoso dei modi i e j;

$\beta_{ij}$  è il rapporto tra l'inverso dei periodi di ciascuna coppia i-j di modi ( $\beta_{ij} = T_j/T_i$ ).

Per gli edifici, gli effetti della eccentricità accidentale del centro di massa vengono determinati mediante l'applicazione di carichi statici costituiti da momenti torcenti di valore pari alla risultante orizzontale della forza agente al piano, determinata come in (DM 17/01/2018 par. 7.3.3.1), moltiplicata per l'eccentricità accidentale del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione di calcolo, determinata come in (DM 17/01/2018 par.7.2.6. )

L'ultima elaborazione riguarda il calcolo degli effetti complessivi, ottenuti considerando tutte le direzioni dinamiche applicate (inviluppo).

Per quanto riguarda gli effetti dinamici si tenga presente che il segno degli inviluppi è sempre positivo e che le norme impongono che tali risultati siano considerati anche con segno opposto.

In Midas/gen sono state applicate:

- CQC,
- scelta dei modi partecipanti con fattore di amplificazione modale (analisi modale amplificata) ;



- aggiunta del segno alla combinazione ;
- fattori di partecipazione e controllo delle masse eccitate ;
- fattori di amplificazione modale modo per modo ;
- possibilità di generare un numero indefinito di casi di carico spettrali scegliendo i modi partecipanti con relativo fattore di amplificazione ;

## 7.1) Masse eccitate

Di seguito sono riportate in forma tabellare la percentuale di massa eccitata per i vari modi di vibrare della struttura:

EIGENVALUE ANALYSIS													
Mode No	Frequency		Period		Tolerance								
	(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)	(sec)									
1	33.9709	5.4066	0.1850	0.0000e+000									
2	34.6637	5.5169	0.1813	0.0000e+000									
3	47.4735	7.5556	0.1324	0.0000e+000									

MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT													
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z		
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	
1	0.1240	0.1240	99.2476	99.2476	0.0000	0.0000	99.0059	99.0059	0.1242	0.1242	0.1969	0.1969	
2	99.7932	99.9171	0.1332	99.3808	0.0000	0.0000	0.1326	99.1385	99.5070	99.6311	0.0666	0.2635	
3	0.0774	99.9945	0.2143	99.5951	0.0000	0.0000	0.1995	99.3380	0.0712	99.7023	99.1536	99.4171	

## 7.2) Modi propri di vibrare

Di seguito sono riportati gli schemi dei principali modi di vibrare della struttura:

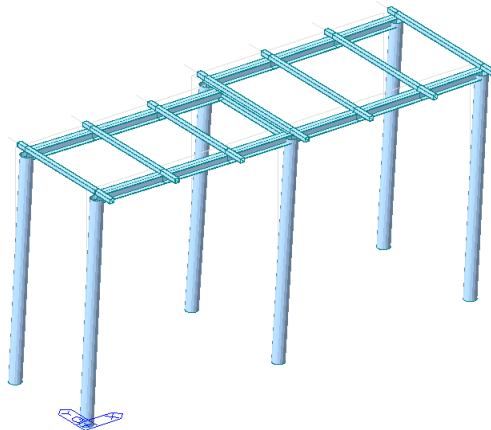


Figura 2 - 1° Modo di vibrare

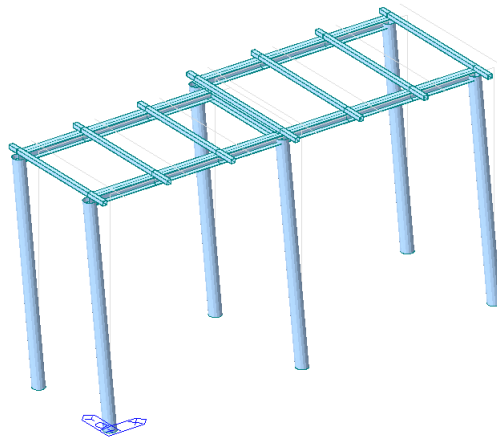


Figura 3 - 2° Modo di vibrare

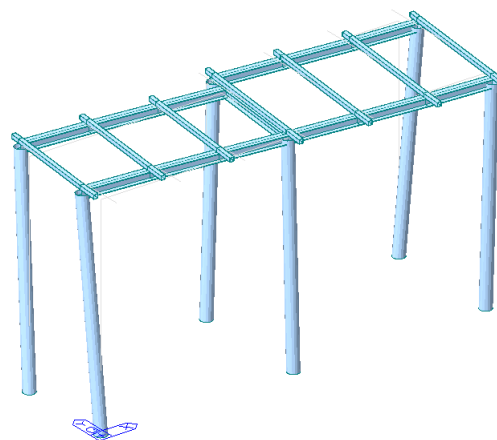


Figura 4 - 3° Modo di vibrare

### 7.3) Verifica della non linearità geometrica

La scelta dell'analisi lineare è giustificata dal fatto che il valore del fattore  $\theta$  così come definito al (par. 7.3.1)

$\theta = P \cdot dr / V \cdot h$ , ad ogni orizzontamento ha valore inferiore a 0.1. Di seguito è riportata la suddetta verifica.

#### Verifica in direzione X

Load Case	Story	Story Height (cm)	Vertical Load (kgf)	Story Shear Force (kgf)	Modified Story Drift (cm)	Beta (Beta)	Stability Coefficient (Theta)	Allowable Limit	Remark	P-Delta Incremental Factor (ad)
Cd=1, Ie=1.5, Scale Factor=1 Press right mouse button and click 'Set Stability Coefficient Parameters...' menu to change Cd/Ie/Scale Factor/Beta!										
SLV1	1F	307.00	902.0104	460.4005	0.4986	1.0000	0.0032	0.2500	OK	1.0000
SLV2	1F	307.00	902.0104	460.4005	0.4885	1.0000	0.0031	0.2500	OK	1.0000
SLV3	1F	307.00	902.0104	460.4005	-0.4885	1.0000	-0.0031	0.2500	OK	1.0000
SLV4	1F	307.00	902.0104	460.4005	-0.4986	1.0000	-0.0032	0.2500	OK	1.0000
SLV5	1F	307.00	902.0104	460.4005	0.1649	1.0000	0.0011	0.2500	OK	1.0000
SLV6	1F	307.00	902.0104	460.4005	0.1312	1.0000	0.0008	0.2500	OK	1.0000
SLV7	1F	307.00	902.0104	460.4005	-0.1312	1.0000	-0.0008	0.2500	OK	1.0000
SLV8	1F	307.00	902.0104	460.4005	-0.1649	1.0000	-0.0011	0.2500	OK	1.0000

Verifica in direzione Y

Load Case	Story	Story Height (cm)	Vertical Load (kgf)	Story Shear Force (kgf)	Modified Story Drift (cm)	Beta (Beta)	Stability Coefficient (Theta)	Allowable Limit	Remark	P-Delta Incremental Factor (ad)
Cd=1, Ie=1.5, Scale Factor=1 Press right mouse button and click 'Set Stability Coefficient Parameters...' menu to change Cd/Ie/Scale Factor/Beta!										
SLV1	1F	307.00	902.0104	457.9995	0.1332	1.0000	0.0009	0.2500	OK	1.0000
SLV2	1F	307.00	902.0104	457.9995	-0.1615	1.0000	-0.0010	0.2500	OK	1.0000
SLV3	1F	307.00	902.0104	457.9995	0.1615	1.0000	0.0010	0.2500	OK	1.0000
SLV4	1F	307.00	902.0104	457.9995	-0.1332	1.0000	-0.0009	0.2500	OK	1.0000
SLV5	1F	307.00	902.0104	457.9995	0.4869	1.0000	0.0031	0.2500	OK	1.0000
SLV6	1F	307.00	902.0104	457.9995	-0.4954	1.0000	-0.0032	0.2500	OK	1.0000
SLV7	1F	307.00	902.0104	457.9995	0.4954	1.0000	0.0032	0.2500	OK	1.0000
SLV8	1F	307.00	902.0104	457.9995	-0.4869	1.0000	-0.0031	0.2500	OK	1.0000

## 7.4) Azioni sismiche

La verifica dinamica è stata condotta impiegando gli spettri di risposta definiti al cap.3.2 utilizzando i parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  forniti in allegato alla norma e dipendenti dalla localizzazione del sito d'intervento. Di seguito si riportano i parametri riassuntivi:

### Localizzazione dell'intervento

Coordinate VILAFRANCA Long. 7.449722  
 Vita nominale lat. 44.78125

Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica

$V_n = 100$

### Classe d'uso

Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe = III

$C_u = 1.5$

### Periodo di riferimento

$V_r = V_n * C_u = 150$

### Probabilità di superamento $P_{vr}$

Stati limite		$P_{vr}$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

### Categoria sottosuolo

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

Categoria C

### Categoria topografica

-

Categoria T1

$S_T = 1$

### Valori dei parametri $a_g$ , $F_0$ , $T_c^*$ per il periodo di ritorno considerato

	$T_R$	$a_g$	$F_0$	$T_c$
SLO	90	0.055	2.511	0.235
SLD	151	0.069	2.513	0.249
SLV	1424	0.154	2.519	0.279
SLC	2475	0.182	2.530	0.285

### Coefficiente di smorzamento viscoso

$\xi = 5\%$

### Fattore di alterazione dello spettro

$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} = 1.00$

### Coefficiente di struttura

$q_0 = 1$

### Regolarità in altezza

$K_r = 1.0$

## Spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

## Parametri indipendenti

$a_g =$	0.154 g
$F_0 =$	2.519
$T_C^* =$	0.279 s
$S_s =$	1.467
$C_c =$	1.600
$S_T =$	1.000
$q =$	1.000

## Parametri dipendenti

$S = S_s \cdot S_T =$	1.467
$\eta = 1 / q =$	1.000
$T_B = T_C / 3$	0.149 s
$T_C = C_c \cdot T_C^*$	0.446 s
$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6 =$	2.216 s

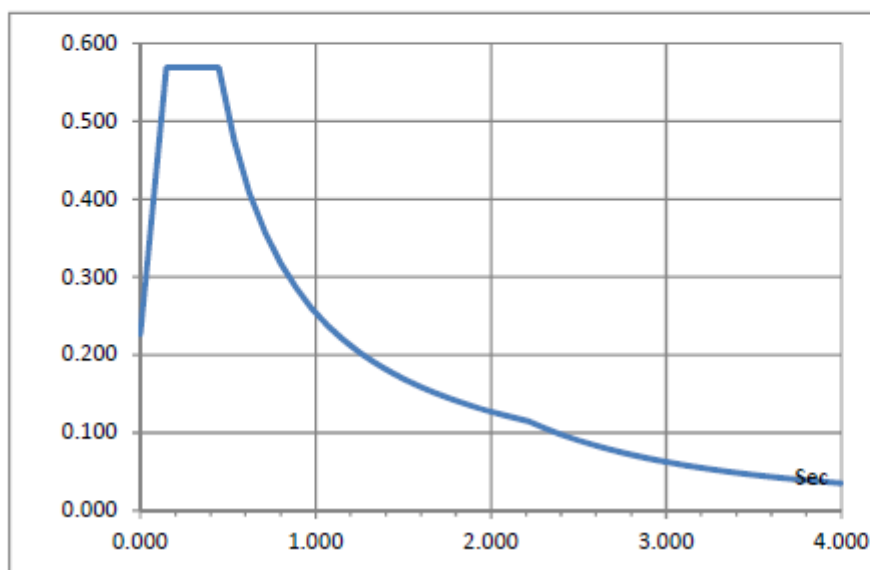
## Espressione spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$



Punti dello spettro di risposta		
$T_0$	0.000	0.226
$T_B$	0.149	0.569
$T_C$	0.446	0.569
	0.535	0.475
	0.623	0.408
	0.712	0.357
	0.800	0.317
	0.889	0.286
	0.977	0.260
	1.066	0.238
	1.154	0.220
	1.243	0.204
	1.331	0.191
	1.420	0.179
	1.508	0.168
	1.597	0.159
	1.685	0.151
	1.774	0.143
	1.862	0.136
	1.951	0.130
	2.039	0.125
	2.128	0.119
$T_D$	2.216	0.115
	2.305	0.106
	2.394	0.098
	2.484	0.091
	2.573	0.085
	2.662	0.079
	2.751	0.074
	2.840	0.070
	2.930	0.066
	3.019	0.062
	3.108	0.058
	3.197	0.055
	3.286	0.052
	3.376	0.049
	3.465	0.047
	3.554	0.045
	3.643	0.042
	3.732	0.040
	3.822	0.039
	3.911	0.037
	4.000	0.035

## Spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD

## Parametri indipendenti

$a_g =$	0.069 g
$F_0 =$	2.513
$T_C^* =$	0.249 s
$S_s =$	1.500
$C_C =$	1.661
$S_T =$	1.000

## Parametri dipendenti

$S = S_s \cdot S_T =$	1.500
$\eta = \sqrt{10} / (5 + \xi) =$	1.000
$T_B = T_C / 3$	0.138 s
$T_C = C_C \cdot T_C^*$	0.414 s
$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6 =$	1.876 s

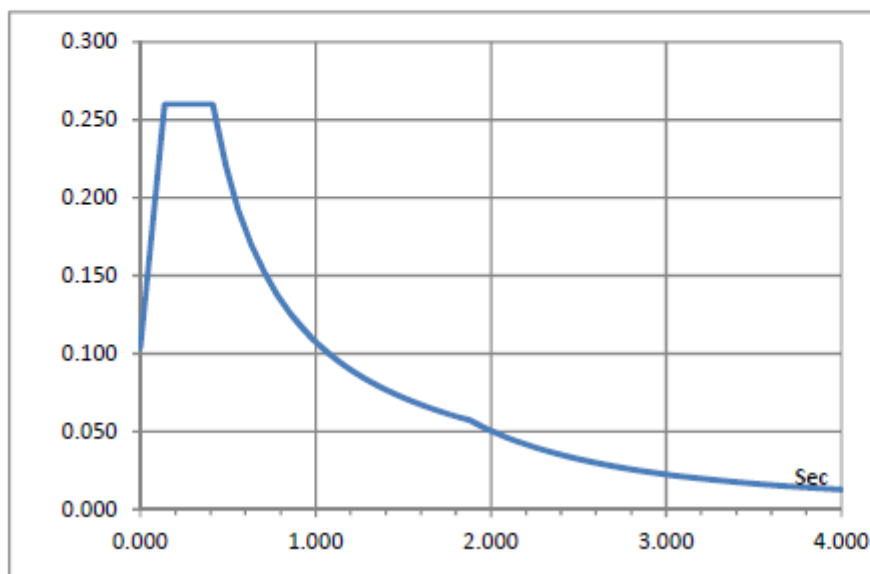
## Espressione spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$



## Punti dello spettro di risposta

$T_0$		
$T_0$	0.000	0.104
$T_B$	0.138	0.260
$T_C$	0.414	0.260
	0.487	0.221
	0.560	0.192
	0.633	0.170
	0.706	0.152
	0.779	0.138
	0.852	0.126
	0.925	0.116
	0.999	0.108
	1.072	0.100
	1.145	0.094
	1.218	0.088
	1.291	0.083
	1.364	0.079
	1.437	0.075
	1.510	0.071
	1.584	0.068
	1.657	0.065
	1.730	0.062
	1.803	0.060
$T_D$	1.876	0.057
	1.982	0.051
	2.088	0.046
	2.195	0.042
	2.301	0.038
	2.407	0.035
	2.513	0.032
	2.619	0.029
	2.726	0.027
	2.832	0.025
	2.938	0.023
	3.044	0.022
	3.150	0.020
	3.257	0.019
	3.363	0.018
	3.469	0.017
	3.575	0.016
	3.681	0.015
	3.788	0.014
	3.894	0.013
	4.000	0.013

## **8) Criteri di concezione e di schematizzazione strutturale, modellazione del terreno, proprietà dei materiali, efficacia del modello**

La struttura e il suo comportamento sotto le azioni statiche e dinamiche è stata adeguatamente valutato, interpretato e trasferito nel modello che si caratterizza per la sua impostazione completamente tridimensionale. A tal fine ai nodi strutturali possono convergere diverse tipologie di elementi, che corrispondono nel codice numerico di calcolo in altrettante tipologie di elementi finiti. Travi e pilastri, ovvero componenti in cui una dimensione prevale sulle altre due, vengono modellati con elementi “beam”, il cui comportamento può essere opportunamente perfezionato attraverso alcune opzioni quali quelle in grado di definire le modalità di connessione all'estremità. Eventuali elementi soggetti a solo sforzo normale possono essere trattati come elementi “truss” oppure con elementi “beam” opportunamente svincolati. Le pareti, le piastre, le platee ovvero in generale i componenti strutturali bidimensionali, con due dimensioni prevalenti sulla terza (lo spessore), sono stati modellati con elementi “plate” a comportamento flessionale e membranale. I vincoli con il mondo esterno vengono rappresentati, nei casi più semplici (apparecchi d'appoggio, cerniere, carrelli), con elementi in grado di definire le modalità di vincolo e le rigidità nello spazio. Questi elementi, coniugati con i precedenti, consentono di modellare i casi più complessi ma più frequenti di interazione con il terreno, realizzabile tipicamente mediante fondazioni, pali, platee nonché attraverso una combinazione di tali situazioni. Il comportamento del terreno è sostanzialmente rappresentato tramite una schematizzazione lineare alla Winkler, principalmente caratterizzabile attraverso una opportuna costante di sottofondo, che può essere anche variata nella superficie di contatto fra struttura e terreno e quindi essere in grado di descrivere anche situazioni più complesse. Nel caso dei pali il comportamento del terreno implica anche l'introduzione di vincoli per la traslazione orizzontale.

I parametri dei materiali utilizzati per la modellazione riguardano il modulo di Young, il coefficiente di Poisson, ma sono disponibili anche opzioni per ridurre la rigidità flessionale e tagliente dei materiali per considerare l'effetto di fenomeni fessurativi nei materiali.

Il calcolo viene condotto mediante analisi lineare, ma vengono considerati gli effetti del secondo ordine. La presenza di diaframmi orizzontali, se rigidi, nel piano viene gestita attraverso l'impostazione di un'apposita relazione fra i nodi strutturali coinvolti, che ne condiziona il movimento relativo. Relazioni analoghe possono essere impostate anche fra elementi contigui.

Si ritiene che il modello utilizzato sia rappresentativo del comportamento reale della struttura. Sono stati inoltre valutate tutti i possibili effetti o le azioni anche transitorie che possano essere significative e avere implicazione per la struttura.

## 9) Criteri per la misura della sicurezza

### 9.1) Metodo di calcolo agli stati limite

In generale ai fini della sicurezza sono stati adottati i criteri contemplati dal metodo semiprobabilistico agli stati limite. In particolare sono stati soddisfatti i requisiti per la sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica), allo stato limite di esercizio, nei confronti di eventuali azioni eccezionali. Per quanto riguarda le azioni sismiche verranno anche esaminate le deformazioni relative, che controllano eventuali danni alle opere secondarie e agli impianti.

Gli stati limite sono raggruppabili nelle seguenti categorie:

- **Stati Limite Ultimi:** Stato di superamento oltre il quale a seguito di crolli parziali o globali, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, è possibile compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;
- **Stati Limite di Esercizio:** Stato di superamento oltre il quale a seguito di eccessi di deformazioni e/o vibrazioni etc è compromessa la funzionalità dell'opera.

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso. Il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

Per ognuno di essi il metodo consiste essenzialmente nel controllare che la risposta del sistema strutturale, prodotta dalle azioni di progetto  $F_d$ , in termini di sollecitazioni o deformazioni sia compatibile con i corrispondenti valori limite:

<b>SLU</b>	$S_d \leq R_d$
<b>SLE</b>	$D_d \leq D_{lim}$

Tab. 1 \_ Confronto domanda-capacità ai differenti stati limite

Le verifiche nei confronti degli stati limite sono effettuate in termini di resistenza, duttilità e spostamenti per il contenimento del danno come precisato al paragrafo 7.1 del D.M. 17/01/2018.

Gli stati limite ultimi sono stati verificati utilizzando le azioni definite al par.2.5 , par.2.6. e cap.3 per le condizioni statiche e le azioni del par.3.2 per le condizioni sismiche. Tutte le verifiche a stato limite ultimo (SLU) e a stato limite di salvaguardia della vita (SLV) hanno dato esito positivo e risultano soddisfatti i requisiti di cui al par. 7.3.6.

Analogamente sono state condotte le verifiche a stato limite di esercizio sia in condizioni statiche (SLE) che in condizioni sismiche (SLD) e tutte hanno dato esito positivo e risultano soddisfatti i requisiti di cui al par. 7.3.7.

## 10) Particolari costruttivi

Nel dimensionamento della struttura sono prese in conto le limitazioni sia geometriche che in termini di armatura previste al par.7.4.6 e al par.4.1.6. I dettagli costruttivi rispettano i requisiti dei suddetti paragrafi



## 11) Presentazione del modello strutturale e sue proprietà

### 11.1) I NODI

La struttura è individuata da nodi riportati in coordinate. Ogni nodo possiede sei gradi di libertà, associati alle sei possibili deformazioni. I gradi di libertà possono essere liberi (spostamenti generalizzati incogniti), bloccati (spostamenti generalizzati corrispondente uguale a zero), di tipo slave o linked (il parametro cinematico dipende dalla relazione con altri gradi di libertà).

Si può intervenire sui gradi di libertà bloccando uno o più gradi. I blocchi vengono applicate nella direzione della terna locale del nodo.

Le relazioni complesse creano un legame tra uno o più gradi di libertà di un nodo detto slave con quelli di un altro nodo detto master.

Le relazioni di tipo link prescrivono l'uguaglianza tra gradi di libertà analoghi di nodi diversi. Specificare una relazione di tipo link significa specificare il nodo slave assieme ai gradi di libertà che partecipano al vincolo ed il nodo master. I gradi di libertà slave saranno eguagliati ai rispettivi gradi di libertà del nodo master. Esso viene usato per collegare gli arcarecci con la trave portante curva.

La relazione di piano rigido prescrive che il nodo slave appartiene ad un piano rigido e quindi che i due spostamenti in piano e la rotazione normale al piano sono legati ai tre parametri di roto-traslazione rigida di un piano. Viene utilizzata per simulare il comportamento dei solai.

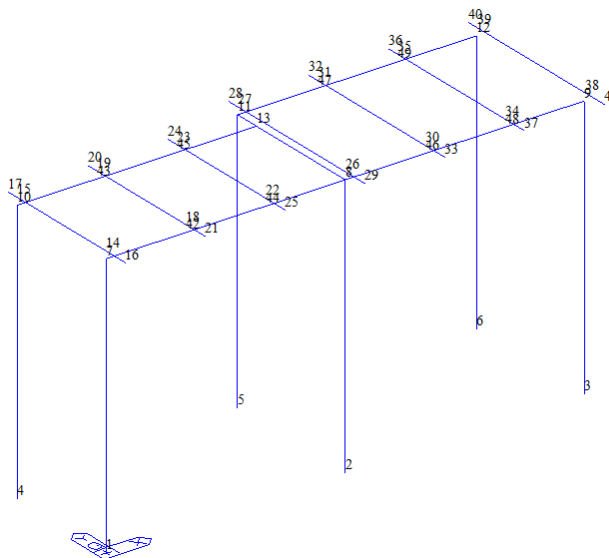


Figura 5 - Numerazione nodi (struttura completa)

### 11.2) Materiali

I materiali sono individuati da un codice specifico e descritti dal modulo di elasticità, dal coefficiente di Poisson, dal

peso specifico, dal coefficiente di dilatazione termica. Si può modellare qualsiasi tipologia di materiale quale calcestruzzo, acciaio, legno, vetro, muratura, materiale definito dall'utente isotropo ed ortotropo .

L'ortotropia di una struttura bidimensionale può essere gestita o attraverso l'ortotropia del materiale o attraverso la geometria stessa della struttura. MIDAS tiene conto delle caratteristiche reologiche dei materiali: VISCOSITA', RITIRO, variazione di resistenza a compressione del calcestruzzo, rilassamento dell'acciaio di precompressione; caratteristiche di plasticità (VON MISES, TRESCA, MOHR-COULOMB, DRUCKER PRAGHER) .

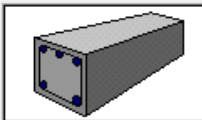
General	
Material ID	1
Name	C25/30
Elasticity Data	
Type of Design	Concrete
	
Type of Material	<input checked="" type="radio"/> Isotropic <input type="radio"/> Orthotropic
Steel	Standard: <input type="text"/> DB: <input type="text"/>
Concrete	Standard: EN04(RC) Code: <input type="text"/> DB: C25/30
Steel	
Modulus of Elasticity :	0.0000e+000 kqf/cm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio :	0
Thermal Coefficient :	0.0000e+000 1/[C]
Weight Density :	0 kqf/cm <sup>3</sup>
<input type="checkbox"/> Use Mass Density:	0 kqf/cm <sup>3</sup> /q
Concrete	
Modulus of Elasticity :	3.2096e+005 kqf/cm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio :	0.2
Thermal Coefficient :	1.0000e-005 1/[C]
Weight Density :	0.002549 kqf/cm <sup>3</sup>
<input type="checkbox"/> Use Mass Density:	2.6e-006 kqf/cm <sup>3</sup> /q

Figura 6 - Materiale calcestruzzo

Figura 7 - Materiale Acciaio S275

### 11.3) Sezioni

Le sezioni sono individuate in ogni caso da un codice numerico specifico, dal tipo e dai relativi parametri identificativi.

La simbologia adottata dal programma è la seguente:

ID	Type	Shape	Name	Area (cm <sup>2</sup> )	Asy (cm <sup>2</sup> )	Asz (cm <sup>2</sup> )	Ixx (cm <sup>4</sup> )	Iyy (cm <sup>4</sup> )	Izz (cm <sup>4</sup> )	Cyp (cm)	Cym (cm)	Czp (cm)	Czm (cm)
1	DB/User	P	CHS-CF 168.3X4	20.6500	10.3233	10.3233	1394.18	697.100	697.100	8.4150	8.4150	8.4150	8.4150
2	DB/User	I	HEA120	25.3000	16.0000	5.7000	4.5377	606.000	231.000	6.0000	6.0000	5.7000	5.7000
3	DB/User	B	RHS-CF 60X60X4 UNI7	8.4110	4.8000	4.8000	70.2464	42.3000	42.3000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000

Figura 8 - Sezioni utilizzate nel modello

### 11.4) Schematizzazione delle azioni, condizioni e combinazioni di carico

Le azioni sono state schematizzate applicando i carichi previsti dalla norma. In particolare i carichi gravitazionali, derivanti dalle azioni permanenti o variabili, sono applicati in direzione verticale (ovvero – Z nel sistema globale di riferimento del modello). Le azioni del vento sono applicate prevalentemente nelle due direzioni orizzontali o ortogonalmente alla falda in copertura. Le azioni sismiche dinamiche, derivano dall'eccitazione delle masse assegnate alla struttura in proporzione ai carichi a cui sono associate per norma. I carichi sono suddivisi in più condizioni elementari di carico in modo da poter generare le combinazioni necessarie.

### 11.4.1) Carichi applicati alla struttura

- Static load case - condizioni elementari di carico; Condizioni di carico derivanti da combinazioni di carico; gestione di pesi propri, carichi nodali di qualsiasi tipo, cedimenti di supporti, carichi di qualsiasi tipo su elementi beam singoli e su elementi beam consecutivi con andamento lineare e parabolico;
- floor load – carichi di piano, pressione sugli elementi plate variabili da nodo a nodo, pressione idrostatica, definizione di pressione su aree di pertinenza che insistono su elementi plate, carichi da temperatura (sul sistema, sugli elementi, sui nodi, temperatura a gradiente, beam section temperatures), carichi di precompressione (pretesa, post-tesa, esterna), carichi laterali indotti da vento e forze sismiche statiche equivalenti , spettri di risposta, forzanti qualsiasi variabili nel tempo, carichi mobili di qualsiasi tipologia .

I carichi agenti sulla struttura possono essere suddivisi in carichi nodali e carichi elementari. I carichi nodali sono forze e coppie concentrate applicate ai nodi della discretizzazione. I carichi elementari sono forze, coppie e sollecitazioni termiche.

I carichi in luce sono individuati da un codice numerico, da un tipo e da una descrizione. Sono previsti carichi distribuiti trapezoidali riferiti agli assi globali (fX, fY, fZ, fV) e locali (fx, fy, fz), forze concentrate riferite agli assi globali (FX, FY, FZ, FV) o locali (Fx, Fy, Fz), momenti concentrati riferiti agli assi locali (Mx, My, Mz), momento torcente distribuito riferito all'asse locale x (mx), carichi termici (tx, ty, tz), descritti con i relativi parametri identificativi, aliquote inerziali comprese, rispetto al riferimento locale. I carichi in luce possono essere attribuiti solo a elementi finiti del tipo trave o trave di fondazione.

#### 11.4.1.1) Pesi Propri

Il peso proprio degli elementi strutturali e non strutturali è considerato con riferimento al peso dell'unità di volume definito dalla tabella 3.1.1

Materiale	[kN/m <sup>3</sup> ]
Calcestruzzo ordinario	24,0
Calcestruzzo armato (e/o precompresso)	25,0
Calcestruzzi "leggeri": da determinarsi caso per caso	14,0 ÷ 20,0
Calcestruzzi "pesanti": da determinarsi caso per caso	28,0 ÷ 50,0
Malta di calce	18,0
Malta di cemento	21,0
Calce in polvere	10,0
Cemento in polvere	14,0
Sabbia	17,0
Metalli e leghe	
Acciaio	78,5
Ghisa	72,5
Alluminio	27,0
Materiale lapideo	
Tufo vulcanico	17,0
Calcare compatto	26,0
Calcare tenero	22,0
Gesso	13,0
Granito	27,0
Laterizio (pieno)	18,0

---

Legnami	
Conifere e pioppo	4,0 ÷ 6,0
Latifoglie (escluso pioppo)	6,0 ÷ 8,0
Sostanze varie	
Acqua dolce (chiara)	9,81
Acqua di mare (chiara)	10,1
Carta	10,0
Vetro	25,0

I pesi propri della struttura sono:

Peso proprio struttura in acciaio	7850 kg/mc
Peso proprio struttura in c.a.	2500 kg/mc

#### 11.4.1.2) Permanenti

Permanente copertura	20 kN/mq
----------------------	----------

**11.4.1.3) Carichi da neve**

Il carico provocato dalla presenza della neve agisce in direzione verticale ed è riferito alla proiezione orizzontale della superficie della copertura. Esso è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

**Provincia :** Torino

**Zona :** Ia

**Altitudine :** 253 m s.l.m.

**Valore caratteristico neve al suolo :**  $q_{sk} = 1.56 \text{ kN/m}^2$

**Coefficiente di esposizione  $C_E$  :** 1 (Normale)

**Coefficiente termico  $C_t$  :** 1

**Tipo di copertura:** ad una falda ( $\alpha = 0,0^\circ$ )

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare.

Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo  $\alpha$ .

Si deve considerare la condizione di carico riportata nella figura a lato, la quale deve essere utilizzata per entrambi i casi di carico, con o senza vento.

**Carico da neve :**

$$q_s(\mu_1(\alpha)) = 1.25 \text{ kN/m}^2 \quad [\mu_1(\alpha) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_1=0.8) = 1.25 \text{ kN/m}^2$$

**11.4.1.4) Carichi da vento**

**Normativa:** D.M. 17/01/2018 (Norme tecniche per le costruzioni)

La pressione del vento è calcolata secondo l'espressione:

$$p = q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

**Provincia:** Torino

**Zona:** 1

**Altitudine:** 253 m s.l.m.

**Tempo di ritorno  $T_r$ :** 50 anni;

**Velocità di riferimento  $v_b(T_r)$ :** 25 m/s

**Pressione cinetica di riferimento  $q_b$ :** 391 N/m<sup>2</sup>

**Altezza della costruzione  $z$ :** 3,175 m ( $z_{min}$ : 8m)

**Distanza dalla costa:** Entroterra, distanza superiore ai 30 km dalla costa ad un'altitudine inferiore di 500 m

**Classe di rugosità del terreno:** B

**Categoria di esposizione del sito:** IV

**Coefficiente topografico  $c_t$ :** 1

**Coefficiente dinamico**  $c_d$ : 1

**Coefficiente di esposizione**  $c_e(z)$ :

$$c_e(z = 3\text{ m}) = c_e(z_{\min} = 8\text{ m}) = 1.63$$

**Pressione del vento con coefficiente di forma**  $c_p = 0.8$

$$p(z = 3\text{ m}) = p(z_{\min} = 8\text{ m}) = 640\text{ N/m}^2$$

### 11.4.2) Combinazioni di carico [par. 2.5.3]

Gli stati limite sono stati verificati utilizzando le azioni definite al par.2.5, par.2.6. e cap.3 per le condizioni statiche e le azioni del par.3.2 per le condizioni sismiche.

Le combinazioni di carico s.l.u. statiche (in assenza di azioni sismiche) sono ottenute mediante diverse combinazioni dei carichi permanenti ed accidentali in modo da considerare tutte le situazioni più sfavorevoli agenti sulla struttura. I carichi vengono applicati mediante opportuni coefficienti parziali di sicurezza, considerando l'eventualità più gravosa per la sicurezza della struttura, secondo la formula fornita dal DM.17/01/2018:

**Combinazione fondamentale**, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma G_1 \cdot G_1 + \gamma G_2 \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma Q_1 \cdot Q_{k1} + \gamma Q_2 \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma Q_3 \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

Vengono anche processate le specifiche combinazioni di carico introdotte per valutare lo stato limite di esercizio (tensioni, fessurazione, deformabilità). La formula di combinazione risulta:

**Combinazione caratteristica (rara)**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

**Combinazione frequente**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

**Combinazione quasi permanente (SLE)**, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

Le azioni sismiche sono valutate in conformità a quanto stabilito dalla norma DM.17/01/2018 e specificato nel paragrafo sulle azioni. La combinazione risulta:

**Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica  $E$  (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

**Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione**

Categoria/Azione variabile	$\psi_{0j}$	$\psi_{1j}$	$\psi_{2j}$
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 $\leq 30$ 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 accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I Coperture praticabili	-	-	-
Categoria K Coperture per usi speciali	-	-	-
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ 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

Oltre all'impostazione spaziale delle situazioni di carico potenzialmente più critiche, in sede di dimensionamento vengono ulteriormente valutate, per le varie travate, tutte le condizioni di lavoro statico derivanti dall'alternanza dei carichi variabili, i cui effetti si sovrappongono a quelli dei pesi propri e dei carichi permanenti. Vengono anche imposte delle sollecitazioni flettenti di sicurezza in campata e risultano controllate le deformazioni in luce degli elementi.

### 11.4.3) COMBINAZIONE dell'azione SISMICA con le altre azioni variabili

Se la risposta viene valutata mediante analisi statica o dinamica in campo lineare, essa può essere calcolata separatamente per ciascuna delle tre componenti; la risposta a ciascuna componente, ove necessario, è combinata con gli effetti pseudo-statici indotti dagli spostamenti relativi prodotti dalla variabilità spaziale della componente stessa, utilizzando la radice quadrata della somma dei quadrati. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati successivamente, applicando la seguente espressione:

$$1.00 E_x + 0.30 E_y + 0.30 E_z \quad (7.3.10)$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

La componente verticale verrà tenuta in conto ove necessario. Se la risposta viene valutata mediante analisi statica in campo non lineare, ciascuna delle due componenti orizzontali (insieme a quella verticale, ove necessario, e agli spostamenti relativi prodotti dalla variabilità spaziale del moto, ove necessario) è applicata separatamente. Come effetti massimi si assumono i valori più sfavorevoli così ottenuti.



## 12) Gli elementi finiti utilizzati nella modellazione

### 12.1) Elemento frame (trave e pilastro, trave di fondazione)

L'elemento frame implementa il modello della trave nello spazio tridimensionale. E' caratterizzato da 2 nodi principali I e J posti alle sue estremità ed un angolo  $\beta$  che serve solamente a fissare univocamente la posizione degli assi locali.

\* The arrows represent the positive (+) directions of element forces.

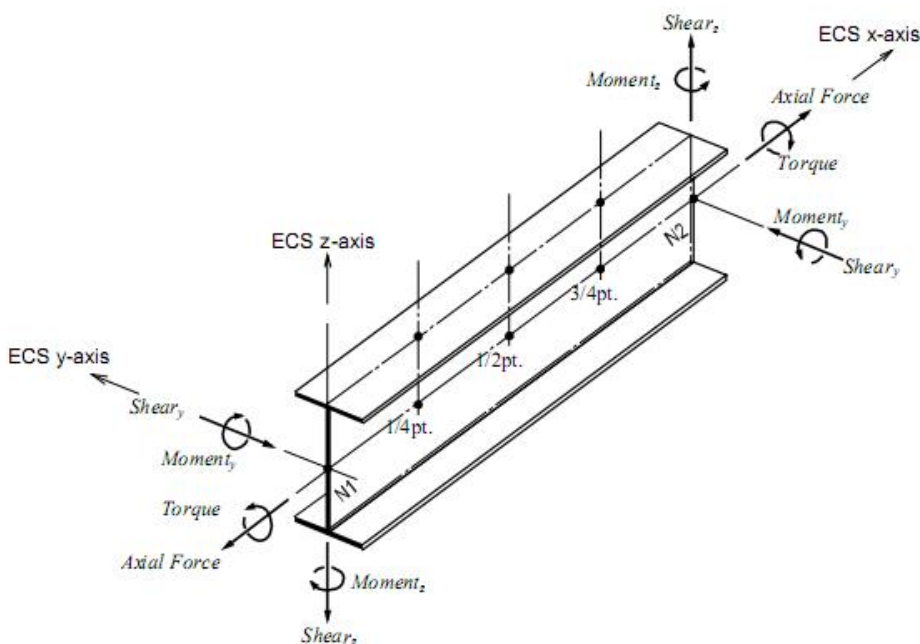


Figure 1.8 Sign convention for ECS and element forces (or stresses) of a beam element

L'elemento frame possiede 12 gradi di libertà.

Ogni elemento viene riferito a una terna locale destra x, y, z, come mostrato in figura. L'elemento frame supporta varie opzioni tra cui:

- deformabilità da taglio (travi tozze);
- sconnessioni totali o parziali alle estremità;
- connessioni elastiche alle estremità;
- offsets, ovvero tratti rigidi eventualmente fuori asse alle estremità;
- suolo elastico alla Winkler nelle tre direzioni locali e a torsione.

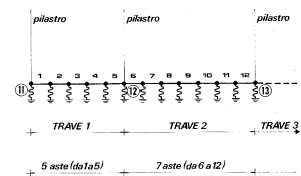
L'elemento frame supporta i seguenti carichi:

- carichi distribuiti trapezoidali in tutte le direzioni locali o globali;
- sollecitazioni termiche uniformi e gradienti termici nelle due direzioni principali;
- forza concentrata in tutte le direzioni locali o globali applicata in un punto arbitrario;

- carichi generici mediante prescrizione delle reazioni di incastro perfetto.

Midas ha la possibilità di generare strutture di fondazione di qualsiasi tipo con interazione terreno struttura di tipo lineare (Winkler) e nonlineare (compression only). Le molle non lineari possono essere applicate ad elementi beam, plate e solid

L'elemento trave di fondazione è indicata la caratteristica del suolo, la larghezza di contatto con il terreno. Per la trave di fondazione il programma abilita automaticamente solo i gradi di libertà relativi alla rotazione intorno agli assi globali X, Y e alla traslazione secondo Z, bloccando gli altri gradi di libertà. Ogni trave di fondazione è suddivisa in un numero adeguato di parti (aste). Ogni singola asta interagisce con il terreno mediante un elemento finito del tipo vincolo elastico alla traslazione verticale  $t_z$  convergente ai suoi nodi (vedi figura), il cui valore di rigidità viene determinato da programma moltiplicando la costante di sottofondo assegnata dall'utente per l'area di contatto con il terreno in corrispondenza del nodo.



I tipi di carichi ammessi sono solo di tipo distribuito  $f_z$ ,  $f_v$ ,  $f_y$ . Inoltre accade che:

$V_i=V_f$ ;  $d_i=df=0$ , ovvero il carico è di tipo rettangolare esteso per tutta la lunghezza della trave.

## 12.2) Elemento shell (guscio)

L'elemento shell implementa il modello del guscio piatto ortotropo nello spazio tridimensionale. È caratterizzato da 3 o 4 nodi I, J, K ed L posti nei vertici e 6 gradi di libertà per ogni nodo. Il comportamento flessionale e quello membranale sono disaccoppiati.

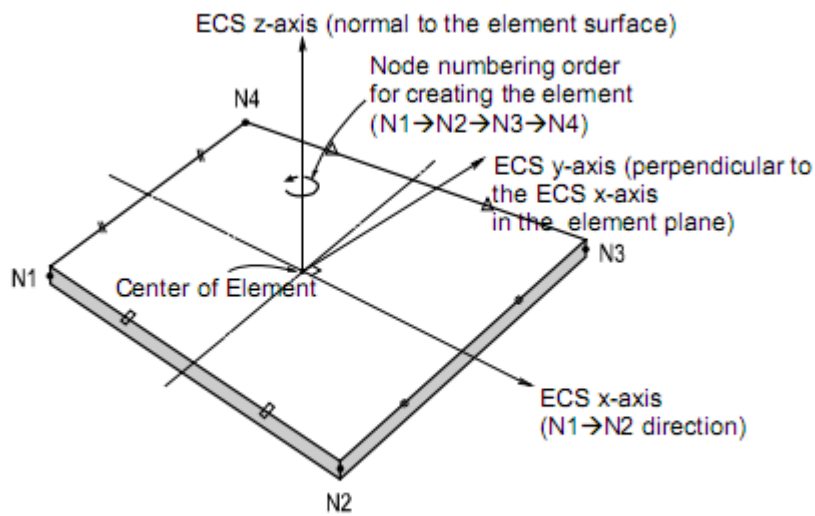
Gli elementi guscio/piastra si caratterizzano perché possono subire carichi nel piano ma anche ortogonali al piano ed essere quindi soggetti anche ad azioni flettenti e torcenti.

Gli elementi in esame hanno formalmente tutti i sei gradi di libertà attivi, ma non posseggono rigidità per la rotazione ortogonale al piano dell'elemento.

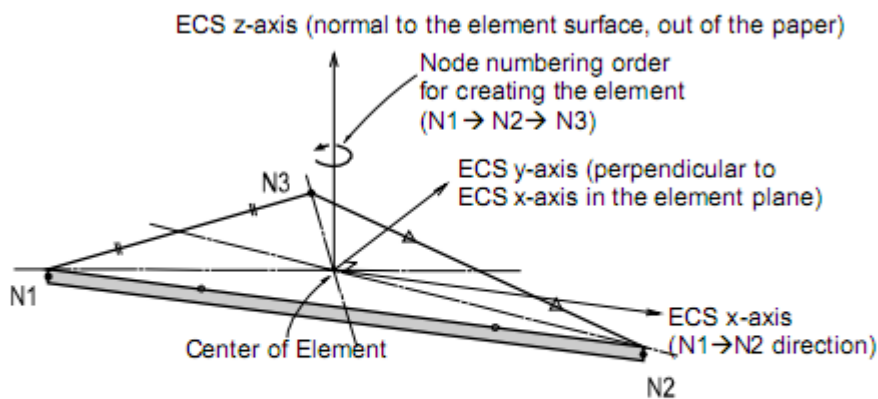
Nei gruppi shell definiti "platea" viene attuato il blocco di tre gradi di libertà,  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $r_z$ , per tutti i nodi del gruppo.

Ogni elemento viene definito da questi parametri:

- nodi di riferimento I, J, K, L;
- spessore;
- materiale;
- pressioni e relative aliquote dinamiche;
- temperatura;
- gradiente termico;
- carichi distribuiti e relative aliquote dinamiche.

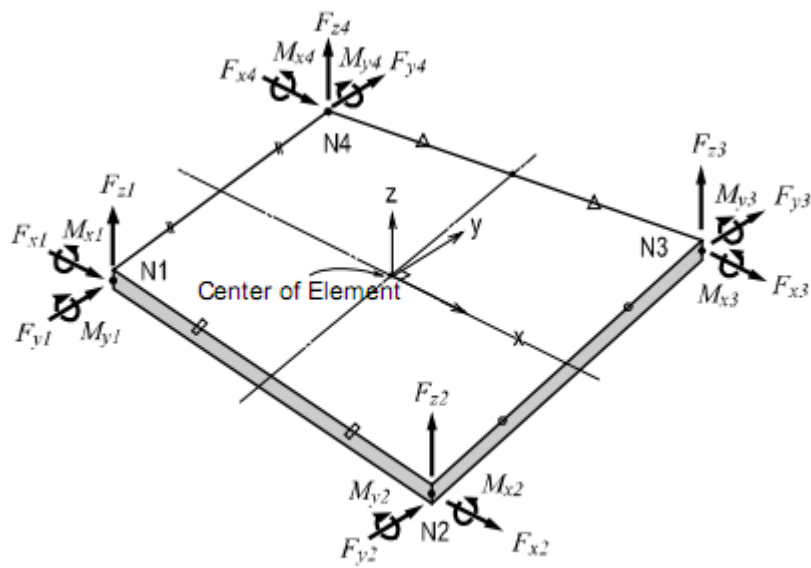


(a) ECS for a quadrilateral element

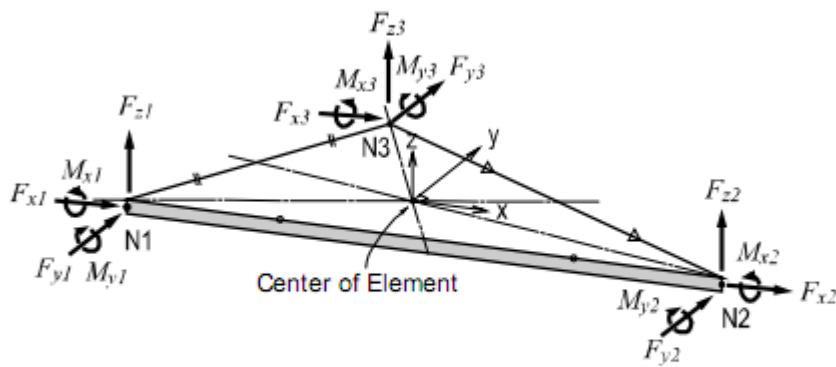


(b) ECS for a triangular element

**Figure 1.27 Arrangement of plate elements and their ECS**



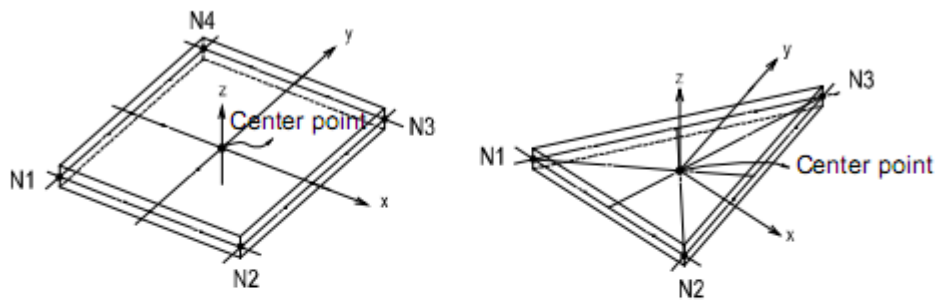
(a) Nodal forces for a quadrilateral element



(b) Nodal forces for a triangular element

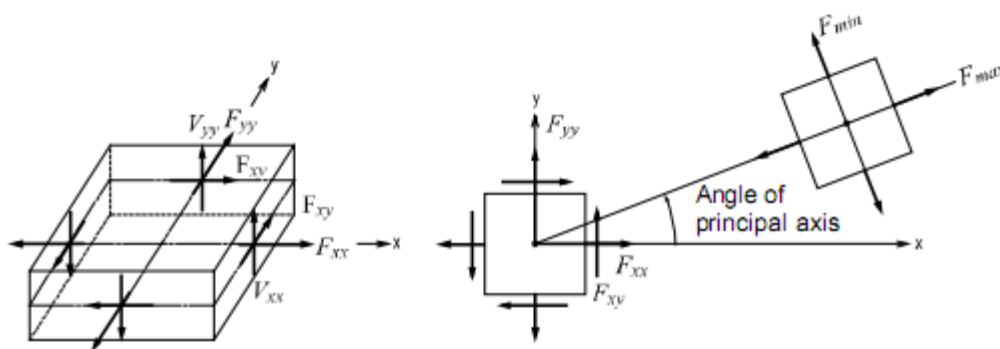
**Figure 1.28 Sign convention for nodal forces at each node of plate elements**

\* Element forces are produced in the ECS and the arrows represent the positive (+) directions.

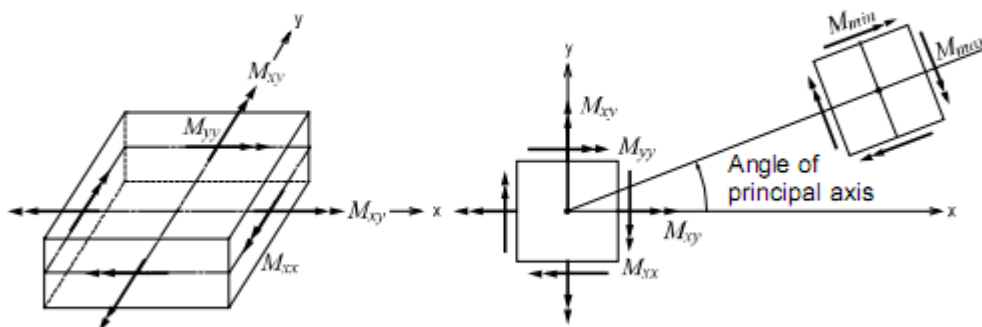


• Out put locations of element forces per unit length

(a) Output locations of element forces



(b) Forces per unit length due to in-plane actions at the output locations



(c) Moments per unit length due to out-of-plane bending actions at the output locations

**Figure 1.29 Output locations of plate element forces per unit length and the sign convention**

### 12.3) Elemento Wall

L'elemento finito Wall è basato su una particolare formulazione sviluppata per descrivere il comportamento delle pareti di interpiano, con la duplice funzione di trasmettere i carichi verticali e di opporre una rigidità tagliante alle deformazioni orizzontali. Pur essendo un elemento finito apparentemente simile a quello di un classico elemento bidimensionale a 4 nodi, la formulazione dell'elemento Wall prevede di rappresentare la risposta

strutturale in termini di parametri di sollecitazione M, N, T, con notevole semplificazione delle operazioni di verifica e progetto delle sezioni della parete stessa.

L'elemento Wall prevede due varianti:

- Wall Element Type 1: rigidezza nel piano e rigidezza rotazionale lungo la direzione verticale
- Wall Element Type 2: rigidezza nel piano, rigidezza rotazionale lungo la direzione verticale, rigidezza flessionale fuori piano.

Nella Figura seguente sono indicati i parametri di sollecitazione, riferiti ad un asse che si immagina appartenente ad una colonna equivalente alla parete stessa, orientata secondo l'asse Z globale.

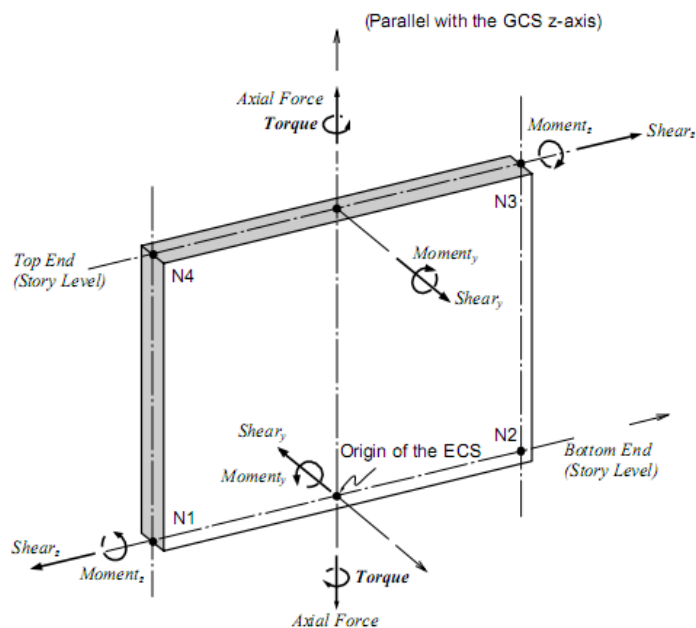
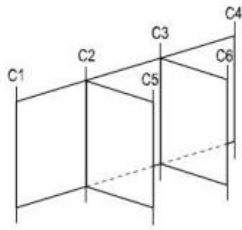
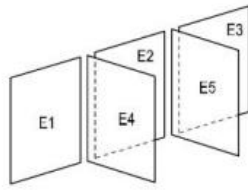


Figure 1.40 ECS and sign convention of a wall element assigned with a Wall ID

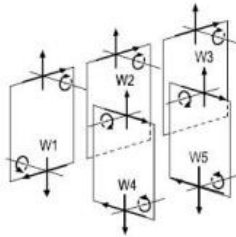
Elementi Wall contigui, che condividano due nodi, si comportano come un unicum strutturale, solidale ai fini della rigidezza: in tal modo si possono realizzare modelli costituiti da più elementi Wall, a rappresentare nuclei a L, U, nuclei chiusi, etc.. Indipendentemente da tale caratteristica (tipica degli elementi bidimensionali) è possibile ottenere le sollecitazioni composte per qualsiasi gruppo di elementi Wall: selezionando un gruppo di Wall (contigui o non) ed assegnando un ID comune, le sollecitazioni saranno riportate in maniera unitaria riferite ad un asse (lungo la direzione Z globale) individuato come baricentro dei diversi Wall, come riassunto schematicamente nella seguente Figura.



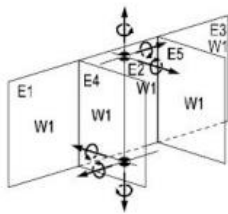
(a) Wall structure



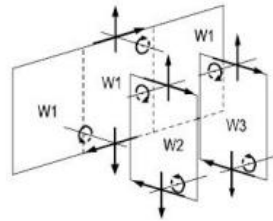
(b) Elements constituting the wall structure



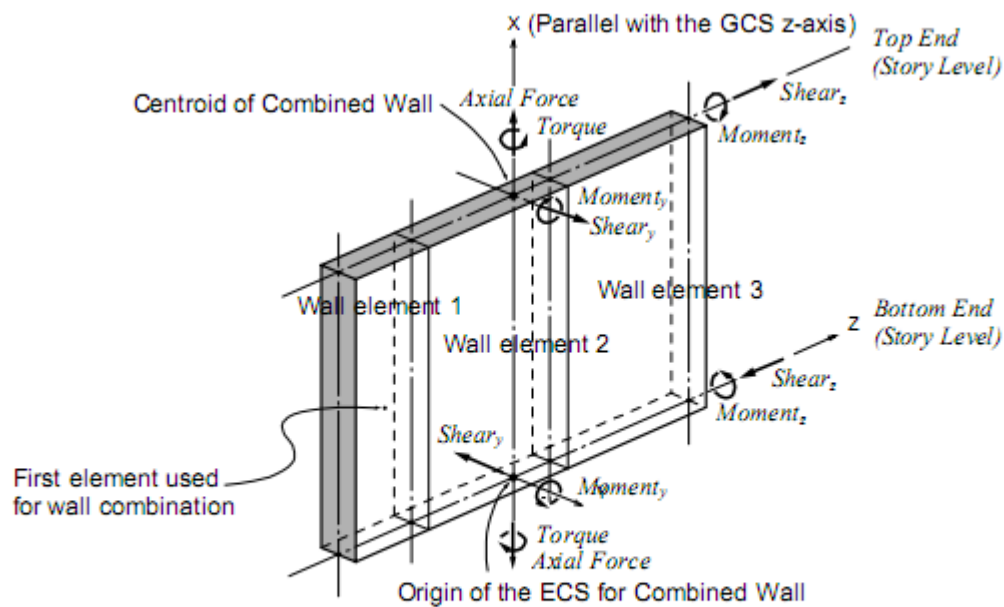
(c) Different wall IDs are assigned to each element



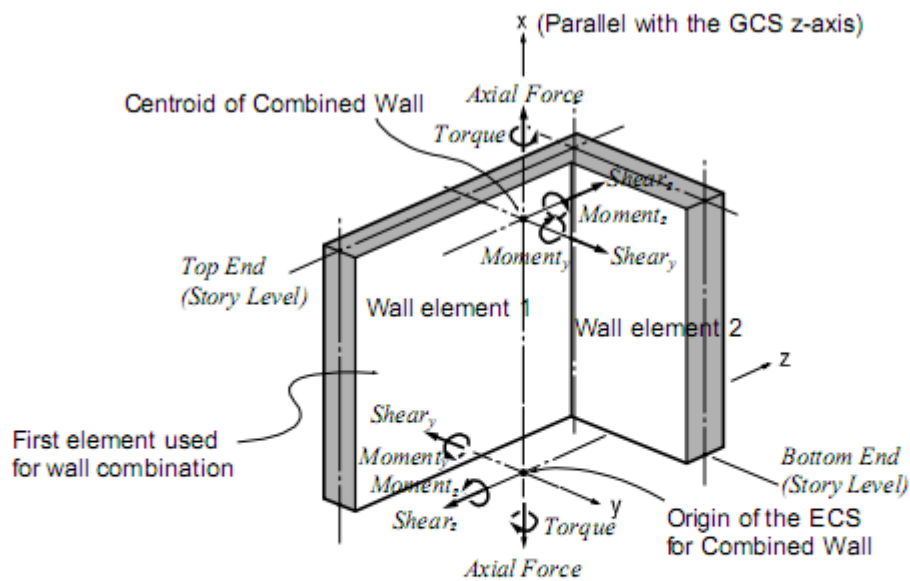
(d) Same wall ID is assigned to all elements



(e) W1 is assigned to Wall elements E1, E2 & E3. E4 and E5 are assigned with W2 and W3 respectively.



(a) When all wall elements of the same Wall ID is in the same plane



(b) When all wall elements of the same Wall ID are not in the same plane

**Figure 1.41 ECS and sign convention of combined walls when two or more elements are assigned with the same Wall ID**

## 12.4) Elemento boundary (vincolo)

Midas gestisce:



- Support (Vincoli  $D_x, D_y, D_z, R_x, R_y, R_z$ )
- Point Spring (molle puntuali  $F_x, F_y, F_z, R_x, R_y, R_z$ ) applicate ai nodi,

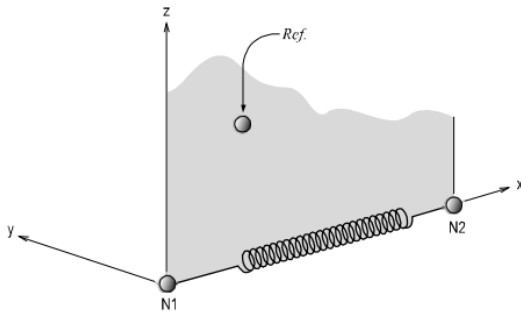
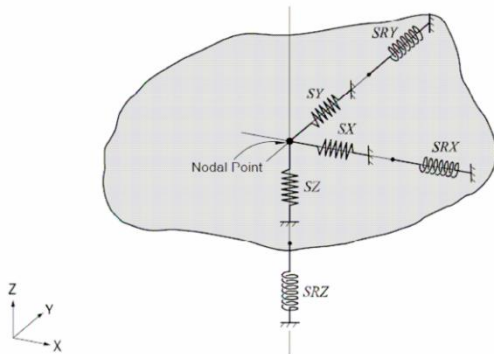


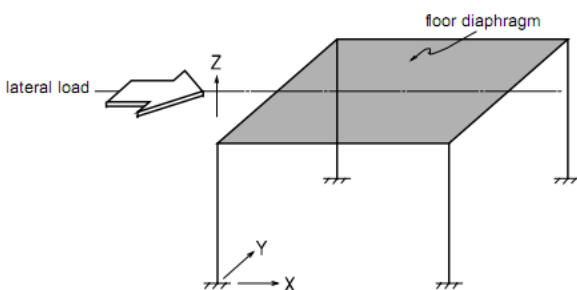
Figure 1.62 The ECS of an elastic link element connecting two nodes

- General Spring (molle generali accoppiate 6x6)
- Surface Spring, molle elastiche alla Winkler e molle non lineari (compression only) per elementi beam, plate, solid, Elastic link, General Link (molle non lineari, isolatori e smorzatori),



(a) Modeling of boundary condition using point spring supports

- Rigid Link



- Panel zone effect (effetti delle zone rigide di nodo)
- node local axis
- Beam end release ( $F_x, F_y, F_z, m_x, m_y, m_z$ ),
- Plate end release ( $f_x, f_y, f_z, m_y, m_z$ )
- Beam end offset

## 12.5) Masse

### 12.5.1) Midas gestisce:

- Masse nodali, masse aggiuntive di piano per piani rigidi (impianti, macchinari, carichi aggiuntivi), masse 3D (XYZ)
- masse direzionali (X,Y,Z, XY, YZ, XZ), conversione di carichi in massa con gli opportuni coefficienti psi
- scale factor (conversione di carichi nodali, carichi sulle beam, carichi di piano, carichi di pressione idrostatica)
- Building – gestione dei dati tipici per analisi sismica di edifici
- Livello del suolo - ground level,
- rapporto delle forze di taglio di piano (Story shear force ratio); centro di piano considerando le masse o le forze assiali sui pilastri o le forze di taglio sui pilastri; calcolo del reale centro di rigidità di piano considerando due sistemi di forze orizzontali indipendenti; gestione automatica dei piani rigidi, delle eccentricità accidentali dei carichi (X;Y), del fattore di amplificazione torsionale, del vento ; generazione automatica e semplice di edifici multipiano

Mass Direction

X     Y     Z  
 X, Y     Y, Z     X, Z  
 X, Y, Z

Load Type for Converting

Nodal Load  
 Beam Load  
 Floor Load  
 Pressure (Hydrostatic)

Gravity :  cm/sec<sup>2</sup>

Load Case / Factor

Load Case :  ...

Scale Factor :

LoadCase	Scale
PP	1
Perm	1

Add    Modify    Delete

Figura 9 - Masse sismiche considerate

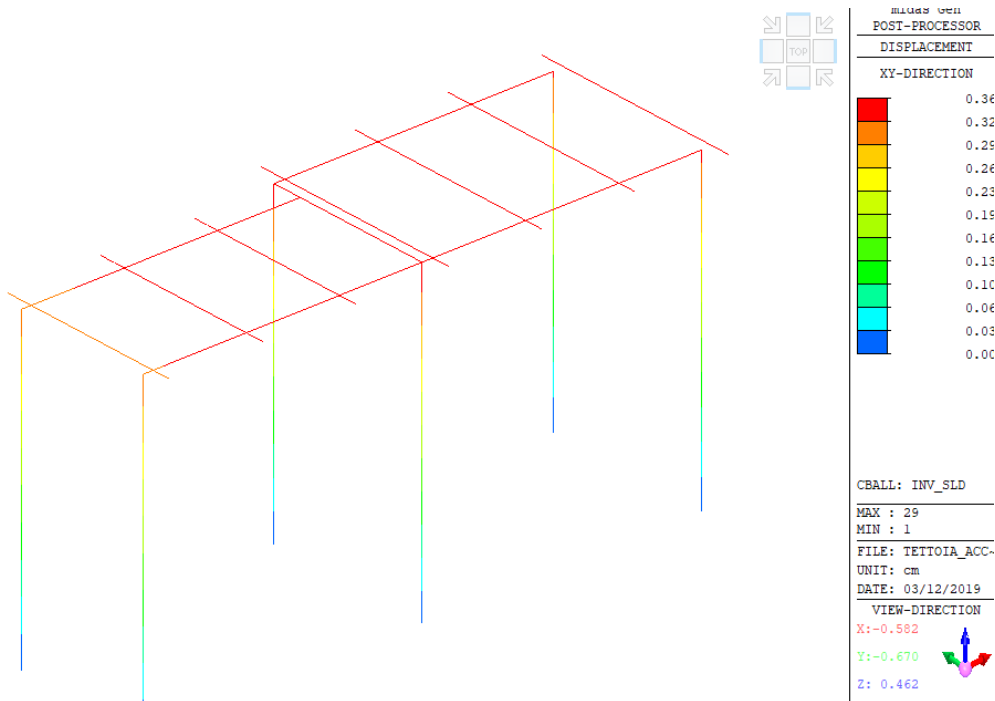
### 13) Verifiche di rigidezza (RIG) allo stato limite di esercizio [par. 7.3.6.1]

Le verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio degli elementi strutturali, degli elementi non strutturali e degli impianti si effettuano rispettivamente in termini di resistenza, contenimenti del danno e di contenimento della funzionalità.

Per costruzioni in classe IV si è verificato che l'azione sismica di progetto non produca danni agli elementi costruttivi senza funzione strutturale tali da rendere l'opera non utilizzabile temporaneamente. Per la verifica si sono calcolati gli spostamenti di piano in presenza dell'azione sismica relativa allo SLD imponendo che siano inferiori a:  $dr < 0.005 \cdot h$  (par. 7.3.6.1)

Di seguito è riportata una schematizzazione delle verifiche sullo spostamento di piano, in condizioni allo SLD.

Load Case	Story	Story Height (cm)	P-Delta Incremental Factor (ad)	Allowable Story Drift Ratio	Maximum Drift of All Vertical Elements					Drift at the Center of Mass				
					Node	Story Drift (cm)	Modified Drift (cm)	Story Drift Ratio	Remark	Story Drift (cm)	Modified Drift (cm)	Drift Factor (Maximum/CURRENT)	Story Drift Ratio	Remark
RMC,Not Used, Cd=1, Ie=1.5, Scale Factor=1, Allowable Ratio=0.005 Press right mouse button and click 'Set Story Drift Parameters...' menu to change RMC or Cd/Ie/Scale Factor/Allowable Ratio/Beta!														
SLD1	1F	307.00	1.00	0.0050	2	0.2527	0.2527	0.0008	OK	0.2453	0.2453	1.0304	0.0008	OK
SLD2	1F	307.00	1.00	0.0050	2	0.2497	0.2497	0.0008	OK	0.2445	0.2445	1.0214	0.0008	OK
SLD3	1F	307.00	1.00	0.0050	2	0.2497	0.2497	0.0008	OK	0.2445	0.2445	1.0214	0.0008	OK
SLD4	1F	307.00	1.00	0.0050	2	0.2527	0.2527	0.0008	OK	0.2453	0.2453	1.0304	0.0008	OK
SLD5	1F	307.00	1.00	0.0050	2	0.2702	0.2702	0.0009	OK	0.2443	0.2443	1.1059	0.0008	OK
SLD6	1F	307.00	1.00	0.0050	2	0.2674	0.2674	0.0009	OK	0.2435	0.2435	1.0979	0.0008	OK
SLD7	1F	307.00	1.00	0.0050	2	0.2674	0.2674	0.0009	OK	0.2435	0.2435	1.0979	0.0008	OK
SLD8	1F	307.00	1.00	0.0050	2	0.2702	0.2702	0.0009	OK	0.2443	0.2443	1.1060	0.0008	OK



## 14) Verifiche di opere in cemento armato con il metodo degli stati limite

### 14.1) I RISULTATI PER ELEMENTI GUSCIO

Il tabulato riporta:

- numero elemento in esame.;
- numero combinazione di carico;
- $N_{xx}$  (F),  $M_{xx}$  (F\*m),  $N_{yy}$  (F),  $M_{yy}$  (F\*m): sollecitazioni di sforzo normale e momento flettente; le sollecitazioni con indice xx producono tensioni in direzione locale xx; analogamente per yy. Si tenga presente che gli sforzi normali sono positivi se di trazione, i momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori.

Successivamente vengono riportati gli esiti della verifica:

- $A_{xx}$  inf,  $A_{xx}$  sup,  $A_{yy}$  inf,  $A_{yy}$  sup (cm<sup>2</sup>): le armature in direzione xx risultano dalla verifica a pressoflessione effettuata sulla base di  $N_{xx}$  e  $M_{xx}$ ; analogamente per yy; le sollecitazioni sono calcolate per un tratto pari al passo;
- indici di resistenza per le verifica a pressoflessione, a taglio nel piano e a taglio fuori piano. Per il taglio nel piano si controlla che  $S_{xy} \leq f_{cd}/(f_{ck})^{1/2}$ ; l'indice di resistenza a taglio è il rapporto fra il primo e il secondo termine della disuguaglianza;
- il taglio fuori piano (chiamato  $V_z$ ), agente lungo l'asse locale z ortogonale all'elemento, viene perciò utilmente confrontato con il taglio limite  $V_{rd1}$  contemplato per sezioni sprovviste di armatura a taglio.

I risultati della verifica a punzonamento si riferiscono alla situazione più sfavorevole che determina il valore più elevato dell'azione di punzonamento.

Vengono riportati:

- forza di punzonamento (valore dell'azione di punzonamento agente al nodo);
- carico limite di punzonamento;
- se necessaria: armatura totale teorica nella 1<sup>a</sup> direzione locale (cm<sup>2</sup>), ovvero parallelamente all'asse locale y del pilastro;
- analogamente per la 2<sup>a</sup> direzione, parallela all'asse locale z.

## 15) Verifiche di opere in acciaio con il metodo DM17/01/18 con integrazione dell'Eurocodice 3

### 15.1) Verifiche a SLU

#### (1) Resistance of cross-sections

- Tension

$$N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}}$$

- Design tension resistance

- The design ultimate resistance of the net cross-section at holes for fasteners is not considered in midas Gen.

- Compression

- Design compression resistance

$$N_{c,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{For class 1,2 and 3 cross sections}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{For class 4 cross sections}$$

- In the case of unsymmetrical Class 4 sections, the additional moment due to the eccentricity of the centroidal axis of the effective section is considered in midas Gen.

- Bending moment

- Design bending resistance

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{For class 1 or 2 cross sections}$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{For class 3 cross sections}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min} f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{For class 4 cross sections}$$

- Shear

- Design shear resistance in the absence of torsion

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

- The shear area  $A_v$  is calculated based on the clause 6.2.6 (3) as per EN1993-1-1
- Rolled I and H sections, load parallel to web:  $A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f$
- but not less than Design elastic shear resistance is not applied.

- Shear Buckling

- The shear buckling resistance for webs without intermediate stiffeners is calculated, according to section 5 of EN 1993-1-5, if

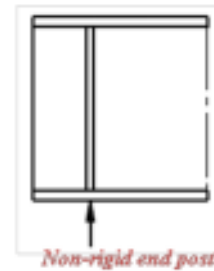
$$\frac{h_w}{t_w} > 72 \frac{\epsilon}{\eta} \quad \epsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y [N/mm^2]}}$$

- For steel grades up to and including S460:  $\eta = 1.20$
- For higher steel grades:  $\eta = 1.00$
- Design resistance

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}}$$

$$V_{bw,Rd} = \chi_w f_{yw} \frac{h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}}$$

$$V_{bf,Rd} = \frac{b_f t_f^2 f_{yf}}{c \gamma_{M1}} \left( 1 - \left( \frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} \right)^2 \right)$$



- Stiffener design to resist shear buckling is not provided in midas Gen.
- Stiffener type for end supports is assumed as a non-rigid end post.
- It is assumed that the length of an unstiffened plate, 'a' is the same as the unbraced length.

Torsion

- The torsional resistance is not checked.

Bending and Shear

- The effect of shear force on the moment resistance is considered.
- Where the shear force is less than half the plastic shear resistance, its effect on the moment resistance is neglected.
- Where  $V_{ED} \geq 0.5V_{pl,Rd}$

I-cross-sections with equal flanges and bending about the major axis

$$M_{y,V,Rd} = \frac{[W_{pl,y} - \frac{\rho A b^2}{4t_w}] f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$\text{but, } M_{y,V,Rd} \leq M_{y,c,Rd}$$

$$\rho = \left( \frac{2V_{ED}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 \quad \text{Torsion is not considered when calculating } \rho$$

For the other cases

$$M_{V,Rd} = (1 - \rho) M_{c,Rd}$$

• Bending and Axial Force

- The effect of axial force on the moment resistance is considered.
- Class 1 and 2 cross sections

For doubly symmetrical I- and H-sections, allowance is not made for the effect of the axial force on the plastic resistance moment about the y-y axis when both the following criteria are satisfied:

$$N_{Ed} \leq 0.25 N_{pl,Rd} \quad N_{Ed} \leq \frac{0.5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}}$$

For doubly symmetrical I- and H-sections, allowance is not made for the effect of the axial force on the plastic resistance moment about the z-z axis when:

$$N_{Ed} \leq \frac{h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}}$$

The following equations are used for standard rolled I or H sections and for welded I or H sections with equal flanges:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd}(1 - n)(1 - 0.5\alpha) \quad \text{but} \quad M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd}$$

$$\text{for } n \leq \alpha: M_{N,x,Rd} = M_{pl,x,Rd}$$

$$\text{for } n > \alpha: M_{N,x,Rd} = M_{pl,x,Rd} \left[ 1 - \left( \frac{n-\alpha}{1-\alpha} \right)^2 \right]$$

$$\text{Where } n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} \\ \alpha = (A - 2bt_f)/A \quad \text{but } \alpha \leq 0.5$$

• Bending and Axial Force

$$\left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \leq 1 \quad \text{for Class 1\&2 sections} \\ \text{I and H section: } \alpha=2; \beta=5n \text{ but } \beta \geq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1 \quad \text{for Class 1,2,3 \& 4 sections}$$

• Bending, Shear and Axial Force

- Where the shear force exceeds 50% of the plastic shear resistance, its effect on the moment of resistance is reflected in the formula above.
- $M_{p,y,Rd}$  and  $M_{p,z,Rd}$  are replaced by  $M_{vy,Rd}$  and  $M_{vz,Rd}$  respectively in the following equations to consider shear effect in the above criterion a).

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd}(1 - n)/(1 - 0.5 a_w)$$

$$M_{N,x,Rd} = M_{pl,x,Rd}(1 - n)/(1 - 0.5 a_r)$$

- $M_{y,Rd}$  and  $M_{z,Rd}$  are replaced by  $M_{yV,Rd}$  and  $M_{zV,Rd}$  respectively in the above criterion b) to consider shear effect.

## (2) Buckling resistance of members

- Uniform members in compression

For slenderness  $\lambda \leq 0.2$  or for  $\frac{N_{Ed}}{N_{cr}} \leq 0.04$  the buckling effects are ignored.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} \text{ for Class 1,2 and 3 cross-sections} \quad \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr}}} \text{ for Class 4 cross-section}$$

$N_{cr}$  is the elastic critical force for the relevant buckling mode based on the gross cross sectional properties.

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_e^2}$$

- Flexural buckling is checked for the L, C, I, T, Box, Pipe, Double L, and Double C section.
- Torsional and torsional-flexural buckling is not checked.
- Design buckling resistance

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{for Class 1,2 and 3 cross-sections}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{for Class 4 cross-sections}$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \text{but } \chi \leq 1.0 \quad \Phi = 0.5 \left[ 1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

Buckling Curve	a <sub>0</sub>	a	b	c	d
Imperfection factor α	0.13	0.21	0.34	0.49	0.76

- Uniform members in bending
  - For the uniform and doubly symmetric I cross-sections only, the lateral torsional buckling check is provided.
  - It is assumed that the section is loaded through its shear center, and the boundary conditions at each end are both restrained against lateral movement and restrained against rotation about the longitudinal axis.
  - For slenderness  $\bar{\lambda}_{LT} \leq \bar{\lambda}_{LT,0}$  or for  $\frac{M_{ED}}{M_{cr}} \leq \bar{\lambda}_{LT,0}^2$  the lateral torsional buckling effects are ignored.



$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} \quad \lambda_{LT,0} = 0.4$$

$M_{cr}$  is the elastic critical moment for lateral-torsional buckling. The value of  $C_1$  depends on the moment distribution along the member which is calculated based on the table in the following page

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 E I_x}{L_{cr,LT}^2} \sqrt{\frac{I_w}{I_x} + \frac{L_{cr,LT}^2 G I_t}{\pi^2 E I_x}} \quad G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad I_w = \frac{I_x (h-t_f)^2}{4} \quad : \text{Warping Constant}$$

- If the member type is column,  $C_1$  is calculated based on the table below. EN 1993-1-1: 1992 Annex.



$\psi$	k	$C_1$
+1	1.0	1.000
	0.7	1.000
	0.5	1.000
+3/4	1.0	1.141
	0.7	1.270
	0.5	1.305
+1/2	1.0	1.323
	0.7	1.473
	0.5	1.514
+1/4	1.0	1.563
	0.7	1.739
	0.5	1.788

$\psi$	k	$C_1$
0	1.0	1.879
	0.7	2.092
	0.5	2.150
-1/4	1.0	2.281
	0.7	2.538
	0.5	2.609
-1/2	1.0	2.704
	0.7	3.009
	0.5	3.093
-3/4	1.0	2.927
	0.7	3.009
	0.5	3.093
-1	1.0	2.752
	0.7	3.063
	0.5	3.149

- If the member type is beam,  $C_1$  is calculated based on the table below.

Conditions	Bending moment diagram	k	$C_1$
Case 1		1.0	1132
		0.5	0972
Class 2		1.0	1285
		0.5	0712
Case 3		1.0	Same as Case 1
		0.5	Case 1
Case 4		1.0	Same as Case 2
		0.5	Case 2
Case 5		1.0	Same as Case 1
		0.5	Case 1

- Design buckling Resistance

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$W_y = W_{pl,y} \quad \text{for Class 1 or 2 cross-section}$$

$$W_y = W_{el,y} \quad \text{for Class 3 cross-section}$$

$$W_y = W_{eff,y} \quad \text{for Class 1 or 2 cross-section}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 + \bar{\lambda}_{LT}^2}} \quad \text{but } \chi_{LT} \leq 1.0$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \left[ 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

Buckling Curve	a	b	c	d
Imperfection factor $\alpha_{LT}$	0.21	0.34	0.49	0.76

- The method in the Clause 6.3.2.3 and 6.3.2.4 of EC3 are not considered.
- Uniform members in bending and axial compression
  - For members which are subjected to combined bending and axial compression, the resistance to lateral and lateral-torsional buckling is verified by the following criteria.

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} M_{z,Rk}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{xy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{xz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} M_{z,Rk}} \leq 1$$

$\zeta_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{xy}$ ,  $k_{xz}$  are the interaction factors. These values are obtained from Annex A in EN 1993-1-1: 2005.

$\zeta_{my}$ ,  $C_{mz}$ ,  $C_{mLT}$  in Annex A can be either user defined or auto-calculated.

Vales for  $N_{Rk} = f_y A_g$ ,  $M_{i,Rk} = f_y W_i$  and  $\Delta M_{i,Ed}$

Class	1	2	3	4
$A_y$	A	A	A	$A_{eff}$
$W_y$	$W_{pl,y}$	$W_{pl,y}$	$W_{el,y}$	$W_{eff,y}$
$W_z$	$W_{pl,z}$	$W_{pl,z}$	$W_{el,z}$	$W_{eff,z}$
$\Delta M_{y,Ed}$	0	0	0	$e_{Ny} N_{Ed}$
$\Delta M_{z,Ed}$	0	0	0	$e_{Nz} N_{Ed}$

- When the design axial force,  $N_{Ed}$  is larger than  $N_{cr,z}$  or  $N_{cr,TF}$ , the criteria above are not applied.
- General method of the clause 6.3.4 is not considered.

## 15.2) Verifiche a SLE

### (1) Vertical Deflection

- Vertical deflection can be checked for beam member.
- Remaining total deflection ( $w_{max}$ ) caused by the permanent and variable actions is automatically checked based on the serviceability load combinations.
- The default limit value is set to  $L/250$
- The deflection due to the variable actions can be checked manually by adding load combination consisting of variable actions and changing the limit value



Figure A1.1 - Definitions of vertical deflections

### (2) Horizontal Deflection

- Horizontal deflection can be checked for column members.
- Horizontal displacement over a story height  $H_i$  is automatically checked based on the serviceability load combinations.
- The default limit value is set to  $H_i/300$ .
- Overall horizontal displacement over the building height  $H$  should be checked separately.

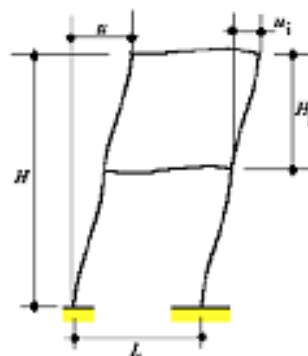


Figure A1.2 - Definition of horizontal displacements

### (3) Dynamic effects

- The vibration of structures is not checked.

**17)Dati modello****< Control Data >**

\*\*\* CONTROL DATA

Panel Zone Effect : Do not Calculate  
 Unit System : KGF, CM  
 Definition of Frame  
 - X Direction of Frame : Unbraced I Sway  
 - Y Direction of Frame : Unbraced I Sway  
 - Design Type : 3-D  
 Design Code  
 - Steel : Eurocode3:05  
 - Concrete : Eurocode2:04  
 - SRC : SSRC79

**< Static Loadcase >**

\*\*\* LOAD CASE DATA

NO	NAME	TYPE	SELF WEIGHT FACTOR			DESCRIPTION
			X	Y	Z	
1	PP	D	0.000	0.000	-1.000	Peso proprio struttura
2	Perm	D	0.000	0.000	0.000	Permanente portato
3	Neve	S	0.000	0.000	0.000	Neve zona Alpina I <1000m slm
4	Vento +X	W	0.000	0.000	0.000	
5	Vento -X	W	0.000	0.000	0.000	
6	Vento +Y	W	0.000	0.000	0.000	
7	Vento -Y	W	0.000	0.000	0.000	

**< Story >**

\*\*\* STORY DATA

NAME	LEVEL	HEIGHT	FLOOR DIAPHRAGM
2F	307.000	0.000	Do not consider
1F	0.000	307.000	Do not consider

**< Node >**

\*\*\* NODE DATA

NO	X	Y	Z	TEMPERATURE
1	0	0	0	0
2	278.5	0	0	0
3	557	0	0	0
4	0	140	0	0
5	278.5	170	0	0
6	557	170	0	0
7	0	0	307	0
8	278.5	0	307	0
9	557	0	307	0
10	0	140	307	0
11	278.5	170	307	0
12	557	170	307	0
13	278.5	140	307	0
14	0	0	315	0
15	0	140	315	0
16	0	-30	315	0
17	0	155	315	0
18	93	0	315	0
19	93	140	315	0
20	93	155	315	0
21	93	-30	315	0
22	186	0	315	0

23	186	140	315	0
24	186	155	315	0
25	186	-30	315	0
26	279	0	315	0
27	279	170	315	0
28	279	185	315	0
29	279	-30	315	0
30	372	0	315	0
31	372	170	315	0
32	372	185	315	0
33	372	-30	315	0
34	465	0	315	0
35	465	170	315	0
36	465	185	315	0
37	465	-30	315	0
38	558	0	315	0
39	558	170	315	0
40	558	185	315	0
41	558	-30	315	0
42	93	0	307	0
43	93	140	307	0
44	186	0	307	0
45	186	140	307	0
46	372	0	307	0
47	372	170	307	0
48	465	0	307	0
49	465	170	307	0

## &lt; Boundary &gt;

\*\* SUPPORT / SPECIFIED DISPLACEMENT

NODE	SUPPORT DDDRR	SPECIFIED DISPLACEMENT					
		Dx	Dy	Dz	Rx	Ry	Rz
1	111111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	111111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	111111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	111111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	111111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	111111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

## &lt; Beam &gt;

\*\*\* BEAM MEMBER DATA

NO	NODAL CONNECTIVITY		BEAM END RELEASE		MATERIAL	SECTION	LENGTH
	I	J	I	J			
1	4	10	000000	000011	S275	CHS-CF 168.3X4	307
2	1	7	000000	000011	S275	CHS-CF 168.3X4	307
3	5	11	000000	000011	S275	CHS-CF 168.3X4	307
4	2	8	000000	000011	S275	CHS-CF 168.3X4	307
5	6	12	000000	000011	S275	CHS-CF 168.3X4	307
6	3	9	000000	000011	S275	CHS-CF 168.3X4	307
7	7	42	-	-	S275	HEA120	93
8	8	46	-	-	S275	HEA120	93.5
9	11	47	-	-	S275	HEA120	93.5
10	8	13	000011	000000	S275	HEA120	140
11	10	43	-	-	S275	HEA120	93
12	13	11	000000	000011	S275	HEA120	30
14	14	15	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	140
15	15	17	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	15
16	16	14	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	30
17	18	19	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	140
18	19	20	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	15
19	21	18	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	30
20	22	23	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	140
21	23	24	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	15
22	25	22	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	30
23	26	27	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	170
24	27	28	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	15

25	29	26	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	30
26	30	31	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	170
27	31	32	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	15
28	33	30	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	30
29	34	35	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	170
30	35	36	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	15
31	37	34	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	30
32	38	39	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	170
33	39	40	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	15
34	41	38	-	-	S275	RHS-CF 60X60X4~	30
35	43	45	-	-	S275	HEA120	93
36	45	13	000000	000011	S275	HEA120	92.5
37	49	12	-	-	S275	HEA120	92
38	47	49	-	-	S275	HEA120	93
39	44	8	-	-	S275	HEA120	92.5
40	42	44	-	-	S275	HEA120	93
41	48	9	-	-	S275	HEA120	92
42	46	48	-	-	S275	HEA120	93

## &lt; Weight/Volume/Surface area of all member &gt;

\*\*\* TOTAL WEIGHT / VOLUME / SURFACE AREA SUMMARY

SECTION NO	SECTION NAME	SURFACE AREA	VOLUME	WEIGHT	FRAME NUMBER	TRUSS NUMBER
1	CHS-CF 168.3X4	1.902e+005	3.804e+004	298.6	6	0
2	HEA120	8.962e+004	3.249e+004	255	14	0
3	RHS-CF 60X60X4~	6.339e+004	1.19e+004	93.42	21	0

## &lt; Load Combination &gt;

\*\* GENERAL

NO	NAME	TYPE	ACTIVE	DESCRIPTION
1	SLU Neve	Add	ACTIVE	
2	SLU Neve ~	Add	ACTIVE	
3	SLU Neve ~	Add	ACTIVE	
4	SLU Neve ~	Add	ACTIVE	
5	SLU Neve ~	Add	ACTIVE	
6	SLU Vento~	Add	ACTIVE	
7	SLU Vento~	Add	ACTIVE	
8	SLU Vento~	Add	ACTIVE	
9	SLU Vento~	Add	ACTIVE	
10	SLU Vento~	Add	ACTIVE	
11	SLU Vento~	Add	ACTIVE	
12	SLU Vento~	Add	ACTIVE	
13	SLU Vento~	Add	ACTIVE	
14	SLV1	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L + 1.0(1.0(1.00)Sisma X+0.3(1.00)Sisma Y)
15	SLV2	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L + 1.0(1.0(1.00)Sisma X-0.3(1.00)Sisma Y)
16	SLV3	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L + 1.0(1.0(1.00)Sisma Y+0.3(1.00)Sisma X)
17	SLV4	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L + 1.0(1.0(1.00)Sisma Y-0.3(1.00)Sisma X)
18	SLV5	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L - 1.0(1.0(1.00)Sisma X+0.3(1.00)Sisma Y)
19	SLV6	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L - 1.0(1.0(1.00)Sisma X-0.3(1.00)Sisma Y)
20	SLV7	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L - 1.0(1.0(1.00)Sisma Y+0.3(1.00)Sisma X)
21	SLV8	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L - 1.0(1.0(1.00)Sisma Y-0.3(1.00)Sisma X)
22	SLD1	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L + 1.0(1.0(1.00)Sisma X SD+0.3(1.00)Sisma y SD)
23	SLD2	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L + 1.0(1.0(1.00)Sisma X SD-0.3(1.00)Sisma y SD)
24	SLD3	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L + 1.0(1.0(1.00)Sisma y SD+0.3(1.00)Sisma X SD)
25	SLD4	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L + 1.0(1.0(1.00)Sisma y SD-0.3(1.00)Sisma X SD)

26	SLD5	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L - 1.0(1.0(1.00)Sisma X SD+ 0.3(1.00)Sisma y SD)
27	SLD6	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L - 1.0(1.0(1.00)Sisma X SD- 0.3(1.00)Sisma y SD)
28	SLD7	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L - 1.0(1.0(1.00)Sisma y SD+ 0.3(1.00)Sisma X SD)
29	SLD8	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L - 1.0(1.0(1.00)Sisma y SD- 0.3(1.00)Sisma X SD)
30	INV_SLV	Envelope	ACTIVE	Steel Strength Envelope
31	INV_SLD	Envelope	ACTIVE	
32	Rara Neve	Add	ACTIVE	
33	Rara Neve~	Add	ACTIVE	
34	Rara Neve~	Add	ACTIVE	
35	Rara Neve~	Add	ACTIVE	
36	Rara Neve~	Add	ACTIVE	
37	Rara Vent~	Add	ACTIVE	
38	Rara Vent~	Add	ACTIVE	
39	Rara Vent~	Add	ACTIVE	
40	Rara Vent~	Add	ACTIVE	
41	Rara Vent~	Add	ACTIVE	
42	Rara Vent~	Add	ACTIVE	
43	Rara Vent~	Add	ACTIVE	
44	Rara Vent~	Add	ACTIVE	
45	INV_RARA	Envelope	ACTIVE	
46	Freq. NEVE	Add	ACTIVE	
47	Freq. Ven~	Add	ACTIVE	
48	Freq. Ven~	Add	ACTIVE	
49	Freq. Ven~	Add	ACTIVE	
50	Freq. Ven~	Add	ACTIVE	
51	INV_FREQ.	Add	ACTIVE	
52	Quasi Per~	Add	ACTIVE	

## \*\* STEEL DESIGN

NO	NAME	TYPE	ACTIVE	DESCRIPTION
1	SLU Neve	Add	ACTIVE	
2	SLU Neve ~	Add	ACTIVE	
3	SLU Neve ~	Add	ACTIVE	
4	SLU Neve ~	Add	ACTIVE	
5	SLU Neve ~	Add	ACTIVE	
6	SLU Vento~	Add	ACTIVE	
7	SLU Vento~	Add	ACTIVE	
8	SLU Vento~	Add	ACTIVE	
9	SLU Vento~	Add	ACTIVE	
10	SLU Vento~	Add	ACTIVE	
11	SLU Vento~	Add	ACTIVE	
12	SLU Vento~	Add	ACTIVE	
13	SLU Vento~	Add	ACTIVE	
14	SLV1	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L + 1.0(1.0(1.00)Sisma X+0.3( 1.00)Sisma Y)
15	SLV2	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L + 1.0(1.0(1.00)Sisma X-0.3( 1.00)Sisma Y)
16	SLV3	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L + 1.0(1.0(1.00)Sisma Y+0.3( 1.00)Sisma X)
17	SLV4	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L + 1.0(1.0(1.00)Sisma Y-0.3( 1.00)Sisma X)
18	SLV5	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L - 1.0(1.0(1.00)Sisma X+0.3( 1.00)Sisma Y)
19	SLV6	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L - 1.0(1.0(1.00)Sisma X-0.3( 1.00)Sisma Y)
20	SLV7	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L - 1.0(1.0(1.00)Sisma Y+0.3( 1.00)Sisma X)
21	SLV8	Add	ACTIVE	1.0D + 1.0(0.0)L - 1.0(1.0(1.00)Sisma Y-0.3( 1.00)Sisma X)
22	Rara Neve	Add	SERVICE	
23	Rara Neve~	Add	SERVICE	
24	Rara Neve~	Add	SERVICE	
25	Rara Neve~	Add	SERVICE	
26	Rara Neve~	Add	SERVICE	
27	Rara Vent~	Add	SERVICE	
28	Rara Vent~	Add	SERVICE	
29	Rara Vent~	Add	SERVICE	
30	Rara Vent~	Add	SERVICE	
31	Rara Vent~	Add	SERVICE	
32	Rara Vent~	Add	SERVICE	

33 Rara Vent~	Add	SERVICE
34 Rara Vent~	Add	SERVICE
35 Freq. NEVE	Add	SERVICE
36 Freq. Ven~	Add	SERVICE
37 Freq. Ven~	Add	SERVICE
38 Freq. Ven~	Add	SERVICE
39 Freq. Ven~	Add	SERVICE
40 Quasi Per~	Add	SERVICE

< Self Weight >

[ LOAD CASE : PP ]

; X=0, Y=0, Z=-1



## 18) Tabulati di verifica acciaio

### 18.1) Combinazioni di verifica

```

+=====+
| MIDAS (Modeling, Integrated Design & Analysis Software) |
| midas Gen - Load Combinations                          |
|                                                         |
|                                                         | (c) SINCE 1989 |
+=====+
| MIDAS Information Technology Co.,Ltd.                   | (MIDAS IT) |
| Gen 2019                                                |           |
+=====+

```

-----  
DESIGN TYPE : Steel Design  
-----

#### LIST OF LOAD COMBINATIONS

NUM	NAME	ACTIVE LOADCASE (FACTOR) +	TYPE	LOADCASE (FACTOR) +	LOADCASE (FACTOR)
1	SLU Neve	Strength/Stress PP( 1.300) +	Add	Perm( 1.500) +	Neve( 1.500)
2	SLU Neve +Vento+Y	Strength/Stress PP( 1.300) + + Vento +Y( 0.900)	Add	Perm( 1.500) +	Neve( 1.500)
3	SLU Neve +Vento-Y	Strength/Stress PP( 1.300) + + Vento -Y( 0.900)	Add	Perm( 1.500) +	Neve( 1.500)
4	SLU Neve +Vento+X	Strength/Stress PP( 1.300) + + Vento +X( 0.900)	Add	Perm( 1.500) +	Neve( 1.500)
5	SLU Neve +Vento-X	Strength/Stress PP( 1.300) + + Vento -X( 0.900)	Add	Perm( 1.500) +	Neve( 1.500)
6	SLU Vento+Y	Strength/Stress PP( 1.300) +	Add	Perm( 1.500) +	Vento +Y( 1.500)
7	SLU Vento-Y	Strength/Stress PP( 1.300) +	Add	Perm( 1.500) +	Vento -Y( 1.500)
8	SLU Vento+X	Strength/Stress PP( 1.300) +	Add	Perm( 1.500) +	Vento +X( 1.500)
9	SLU Vento-X	Strength/Stress PP( 1.300) +	Add	Perm( 1.500) +	Vento -X( 1.500)
10	SLU Vento+Y +Neve	Strength/Stress PP( 1.300) + + Vento +Y( 1.500)	Add	Perm( 1.500) +	Neve( 0.750)
11	SLU Vento-Y +Neve	Strength/Stress PP( 1.300) + + Vento -Y( 1.500)	Add	Perm( 1.500) +	Neve( 0.750)
12	SLU Vento+X +Neve	Strength/Stress PP( 1.300) + + Vento +X( 1.500)	Add	Perm( 1.500) +	Neve( 0.750)
13	SLU Vento-X +Neve	Strength/Stress PP( 1.300) + + Vento -X( 1.500)	Add	Perm( 1.500) +	Neve( 0.750)
14	SLV1	Strength/Stress	Add		

		PP( 1.000) + slv_y( 0.300)		Perm( 1.000) +	slv_x( 1.000)
15	SLV2	Strength/Stress PP( 1.000) + slv_y(-0.300)	Add	Perm( 1.000) +	slv_x( 1.000)
16	SLV3	Strength/Stress PP( 1.000) + slv_y( 0.300)	Add	Perm( 1.000) +	slv_x(-1.000)
17	SLV4	Strength/Stress PP( 1.000) + slv_y(-0.300)	Add	Perm( 1.000) +	slv_x(-1.000)
18	SLV5	Strength/Stress PP( 1.000) + slv_y( 1.000)	Add	Perm( 1.000) +	slv_x( 0.300)
19	SLV6	Strength/Stress PP( 1.000) + slv_y(-1.000)	Add	Perm( 1.000) +	slv_x( 0.300)
20	SLV7	Strength/Stress PP( 1.000) + slv_y( 1.000)	Add	Perm( 1.000) +	slv_x(-0.300)
21	SLV8	Strength/Stress PP( 1.000) + slv_y(-1.000)	Add	Perm( 1.000) +	slv_x(-0.300)
22	Rara Neve	Serviceability PP( 1.000) +	Add	Perm( 1.000) +	Neve( 1.000)
23	Rara Neve+Vento+Y	Serviceability PP( 1.000) + Vento +Y( 0.600)	Add	Perm( 1.000) +	Neve( 1.000)
24	Rara Neve+Vento-Y	Serviceability PP( 1.000) + Vento -Y( 0.600)	Add	Perm( 1.000) +	Neve( 1.000)
25	Rara Neve+Vento+X	Serviceability PP( 1.000) + Vento +X( 0.600)	Add	Perm( 1.000) +	Neve( 1.000)
26	Rara Neve+Vento-X	Serviceability PP( 1.000) + Vento -X( 0.600)	Add	Perm( 1.000) +	Neve( 1.000)
27	Rara Vento+Y	Serviceability PP( 1.000) +	Add	Perm( 1.000) +	Vento +Y( 1.000)
28	Rara Vento-Y	Serviceability PP( 1.000) +	Add	Perm( 1.000) +	Vento -Y( 1.000)
29	Rara Vento+X	Serviceability PP( 1.000) +	Add	Perm( 1.000) +	Vento +X( 1.000)
30	Rara Vento-X	Serviceability PP( 1.000) +	Add	Perm( 1.000) +	Vento -X( 1.000)
31	Rara Vento+Y +Neve	Serviceability PP( 1.000) + Vento +Y( 1.000)	Add	Perm( 1.000) +	Neve( 0.500)
32	Rara Vento-Y +Neve	Serviceability PP( 1.000) + Vento -Y( 1.000)	Add	Perm( 1.000) +	Neve( 0.500)
33	Rara Vento+X +Neve	Serviceability PP( 1.000) + Vento +X( 1.000)	Add	Perm( 1.000) +	Neve( 0.500)

34	Rara Vento-X +Neve	Serviceability	Add		
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +	Neve( 0.500)
	+ Vento -X( 1.000)				
-----					
35	Freq. NEVE	Serviceability	Add		
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +	Neve( 0.200)
-----					
36	Freq. Vento+Y	Serviceability	Add		
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +	Vento +Y( 0.200)
-----					
37	Freq. Vento-Y	Serviceability	Add		
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +	Vento -Y( 0.200)
-----					
38	Freq. Vento+X	Serviceability	Add		
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +	Vento +X( 0.200)
-----					
39	Freq. Vento-X	Serviceability	Add		
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000) +	Vento -X( 0.200)
-----					
40	Quasi Permanente	Serviceability	Add		
		PP( 1.000) +		Perm( 1.000)	
-----					

## 18.2) Verifica dettagliata sezione maggiormente sollecitata

### VERIFICA TUBOLARE 168.3X4

#### 1. Design Information

Design Code : Eurocode3:05  
 Unit System : kgf, cm  
 Member No : 4  
 Material : S275 (No:1)  
 (Fy = 2804.22, Es = 2141404)  
 Section Name : CHS-CF 168.3X4 (No:1)  
 (Rolled : CHS-CF 168.3X4).  
 Member Length : 307.000



#### 2. Member Forces

Axial Force Fxx = -253.49 (LCB: 18, POS:I)  
 Bending Moments My = 7921.24, Mz = -25669  
 End Moments Myi = 7921.24, Myj = 0.00000 (for Lb)  
 Myi = 7921.24, Myj = 0.00000 (for Ly)  
 Mzi = -25669, Mzj = 0.00000 (for Lz)  
 Shear Forces Fyy = 97.2102 (LCB: 11, POS:I)  
 Fzz = -80.042 (LCB: 13, POS:I)

Outer Dia.	16.8300	Wall Thick	0.40000
Area	20.6500	Asz	10.3233
CyIb	67.5262	CzIb	67.5262
Iyy	697.100	Izz	697.100
Ybar	8.41500	Zbar	8.41500
Wely	82.8400	Welz	82.8400
ry	5.81100	rz	5.81100

#### 3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 307.000, Lz = 307.000, Lb = 307.000  
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00  
 Equivalent Uniform Moment Factors CmY = 0.85, CmZ = 0.85, CmLT = 1.00

#### 4. Checking Results

##### Slenderness Ratio

$KL/r = 52.8 < 200.0$  (Memb:4, LCB: 18)..... O.K

##### Axial Resistance

$N_{Ed}/\text{MIN}[N_{c,Rd}, N_{b,Rd}] = 253.5/55149.7 = 0.005 < 1.000$  ..... O.K

##### Bending Resistance

$M_{Edy}/M_{Rdy} = 7921/221240 = 0.036 < 1.000$  ..... O.K

$M_{Edz}/M_{Rdz} = 25669/221240 = 0.116 < 1.000$  ..... O.K

##### Combined Resistance

$R_{NRd} = \text{MAX}[M_{Edy}/M_{ny,Rd}, M_{Edz}/M_{nz,Rd}]$

$R_{max1} = (M_{Edy}/M_{ny,Rd})^{\text{Alpha}} + (M_{Edz}/M_{nz,Rd})^{\text{Beta}}$

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

$R_{c\_LT1} = N_{Ed}/(\chi_{iy} \cdot A \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1})$

$R_{b\_LT1} = (k_{yy} \cdot M_{Edy}) / (\chi_{i\_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1})$

$R_{c\_LT2} = N_{Ed}/(\chi_{iz} \cdot A \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1})$

$R_{b\_LT2} = (k_{zy} \cdot M_{Edy}) / (\chi_{i\_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1}) + (k_{zz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1})$

$R_{max} = \text{MAX}[R_{NRd}, R_{max1}, (R_{com} + R_{bend}), \text{MAX}(R_{c\_LT1} + R_{b\_LT1}, R_{c\_LT2} + R_{b\_LT2})] = 0.156 < 1.000$  .. O.K

##### Torsion Strength

$T_{Ed}/T_{Rd} = 477/255463 = 0.002 < 1.000$  ..... O.K

##### Shear Resistance

$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.005 < 1.000$  ..... O.K

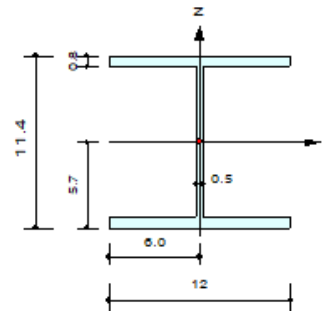
$V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.004 < 1.000$  ..... O.K

#### 5. Deflection Checking Results

$L/300.0 = 1.0233 > 0.2592$  (Memb:4, LCB: 32, Dir-Y)..... O.K

**VERIFICA HEA120****1. Design Information**

Design Code : Eurocode3:05  
 Unit System : kgf, cm  
 Member No : 39  
 Material : S275 (No:1)  
 (Fy = 2804.22, Es = 2141404)  
 Section Name : HEA120 (No:2)  
 (Rolled : HEA120).  
 Member Length : 92.5000

**2. Member Forces**

Axial Force Fxx = 9.68431 (LCB: 3, POS:J)  
 Bending Moments My = -25410, Mz = -178.50  
 End Moments Myi = 6825.08, Myj = -25410 (for Lb)  
 Myi = 6825.08, Myj = -25410 (for Ly)  
 Mzi = 508.815, Mzj = -178.50 (for Lz)  
 Shear Forces Fyy = 20.6259 (LCB: 11, POS:J)  
 Fzz = 360.431 (LCB: 3, POS:J)

Depth	11.4000	Web Thick	0.50000
Top F Width	12.0000	Top F Thick	0.80000
Bot.F Width	12.0000	Bot.F Thick	0.80000
Area	25.3000	Asz	5.70000
Oyb	113.705	Ozb	18.0000
Iy	606.000	Izz	231.000
Ybar	6.00000	Zbar	5.70000
Wely	106.000	Welz	38.5000
ry	4.89000	rz	3.02000

**3. Design Parameters**

Unbraced Lengths Ly = 92.5000, Lz = 92.5000, Lb = 92.5000  
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00  
 Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

**4. Checking Results**

## Slenderness Ratio

$KL/r = 46.4 < 200.0$  (Memb:10, LCB: 17)..... O.K

## Axial Resistance

$N_{Ed}/N_{tRd} = 9.7/67568.3 = 0.000 < 1.000$  ..... O.K

## Bending Resistance

$M_{Edy}/M_{Rdy} = 25410/ 318880 = 0.080 < 1.000$  ..... O.K

$M_{Edz}/M_{Rdz} = 178/ 155467 = 0.001 < 1.000$  ..... O.K

## Combined Resistance

$RNRd = \text{MAX}[ M_{Edy}/M_{ny\_Rd}, M_{Edz}/M_{nz\_Rd} ]$

$R_{max1} = (M_{Edy}/M_{ny\_Rd})^{\text{Alpha}} + (M_{Edz}/M_{nz\_Rd})^{\text{Beta}}$

$R_{000} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \text{Gamma}_{M0}), R_{\text{bend}} = M_{Edy}/M_{y\_Rd} + M_{Edz}/M_{z\_Rd}$

$R_{\text{max}} = \text{MAX}[ RNRd, R_{\text{max1}}, (R_{000} + R_{\text{bend}}) ] = 0.081 < 1.000$  ..... O.K

## Shear Resistance

$V_{Edy}/V_{y\_Rd} = 0.001 < 1.000$  ..... O.K

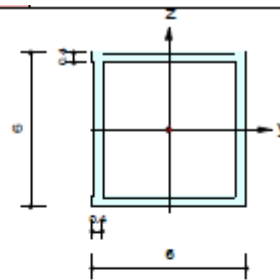
$V_{Edz}/V_{z\_Rd} = 0.028 < 1.000$  ..... O.K

**5. Deflection Checking Results**

$L/250.0 = 0.3720 > 0.0128$  (Memb:38, LCB: 26, POS: 46.5cm, Dir-Z)..... O.K

**VERIFICA SCATOLARE 60X60X4****1. Design Information**

Design Code : Eurocode3:05  
 Unit System : kgf, cm  
 Member No : 23  
 Material : S275 (No:1)  
 (Fy = 2804.22, Es = 2141404)  
 Section Name : RHS-CF 60X60X4 UNI7812 (No:3)  
 (Rolled : RHS-CF 60X60X4 UNI7812).  
 Member Length : 170.000

**2. Member Forces**

Axial Force Fxx = -0.0267 (LCB: 5, POS:1/2)  
 Bending Moments My = 7529.29, Mz = -183.58  
 End Moments Myi = -1019.9, Myj = -256.03 (for Lb)  
 Myi = -1019.9, Myj = -256.03 (for Ly)  
 Mzi = -20.101, Mzj = -21.927 (for Lz)  
 Shear Forces Fyy = 6.44573 (LCB: 12, POS:J)  
 Fzz = -196.72 (LCB: 2, POS:I)

Depth	6.00000	Web Thick	0.40000
Flg Width	6.00000	Top F Thick	0.40000
Web Center	5.60000	Bot.F Thick	0.40000
Area	8.41100	Asz	4.80000
Cyib	11.7800	Czib	11.7800
Iyy	42.3000	Izz	42.3000
Ybar	3.00000	Zbar	3.00000
Wely	14.1000	Welz	14.1000
ry	2.24300	rz	2.24300

**3. Design Parameters**

Unbraced Lengths Ly = 170.000, Lz = 170.000, Lb = 170.000  
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00  
 Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

**4. Checking Results**

## Slenderness Ratio

$KL/r = 75.8 < 200.0$  (Memb:23, LCB: 5)..... O.K

## Axial Resistance

$N_{Ed}/\text{MIN}[N_{c,Rd}, N_{b,Rd}] = 0.0/22463.1 = 0.000 < 1.000$  ..... O.K

## Bending Resistance

$M_{Edy}/M_{Rdy} = 7529.3/37656.7 = 0.200 < 1.000$  ..... O.K

$M_{Edz}/M_{Rdz} = 183.6/37656.7 = 0.005 < 1.000$  ..... O.K

## Combined Resistance

$RNRd = \text{MAX}[M_{Edy}/M_{ny,Rd}, M_{Edz}/M_{nz,Rd}]$

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

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

$R_{c\_LT1} = N_{Ed}/(X_{iy} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{b\_LT1} = (k_{yy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i\_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{c\_LT2} = N_{Ed}/(X_{iz} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{b\_LT2} = (K_{zy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i\_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (K_{zz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{max} = \text{MAX}[RNRd, R_{max1}, (R_{com} + R_{bend}), \text{MAX}(R_{c\_LT1} + R_{b\_LT1}, R_{c\_LT2} + R_{b\_LT2})] = 0.205 < 1.000$  .. O.K

## Torsion Strength

$T_{Ed}/T_{Rd} = 495.8/33334.7 = 0.015 < 1.000$  ..... O.K

## Shear Resistance

$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.001 < 1.000$  ..... O.K

$V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.031 < 1.000$  ..... O.K

**5. Deflection Checking Results**

$L/250.0 = 0.6800 > 0.1664$  (Memb:29, LCB: 25, POS: 85.0cm, Dir-Z)..... O.K

## 18.3) Verifica sintetica aste

midas Gen - Steel Code Checking [ Eurocode3:05 ]

Gen 2019

\*.PROJECT :  
\*.UNIT SYSTEM : kgf, cm

[ Eurocode3:05 ] CODE CHECKING SUMMARY SHEET --- SELECTED MEMBERS IN ANALYSIS MODEL.

MEMB	SECT	Section			Len	Ly	Emy	N,Ed	My,Ed	My,Ed	Mz,Ed	Vy,Ed	Vz,Ed	T,Ed	Def
CHK	CCM	SHR Material	Fy	LCB	Lx	Lz	Emz	N,Rd	My,Rd	My,Rd	Mz,Rd	Vy,Rd	Vz,Rd	T,Rd	Defa
	1	1 CHS-CF 168.3x4			307.000	307.000	0.85	-115.82	-22854	-22854	-7199.4	-23.450	-74.443	1624.31	0.23364
OK	0.14	0.00 S275	2804.22	16	307.000	307.000	0.85	55149.7	0.00000	221240	221240	20250.5	20250.5	255463	1.02333
	2	1 CHS-CF 168.3x4			307.000	307.000	0.85	-107.83	-23508	-23508	-7199.7	-23.451	-76.573	1630.27	0.23364
OK	0.14	0.00 S275	2804.22	16	307.000	307.000	0.85	55149.7	0.00000	221240	221240	20251.0	20251.0	255463	1.02333
	3	1 CHS-CF 168.3x4			307.000	307.000	0.85	-187.34	-7698.0	-7698.0	25670.0	83.6156	-25.075	327.283	0.25917
OK	0.15	0.00 S275	2804.22	21	307.000	307.000	0.85	55149.7	0.00000	221240	221240	20244.6	20244.6	255463	1.02333
	4	1 CHS-CF 168.3x4			307.000	307.000	0.85	-253.49	7921.24	7921.24	-25669	-83.611	25.8023	477.074	0.25917
OK	0.16	0.00 S275	2804.22	18	307.000	307.000	0.85	55149.7	0.00000	221240	221240	20232.6	20232.6	255463	1.02333
	5	1 CHS-CF 168.3x4			307.000	307.000	0.85	-122.85	7693.37	7693.37	-22849	-74.426	25.0596	1538.24	0.23376
OK	0.14	0.00 S275	2804.22	18	307.000	307.000	0.85	55149.7	0.00000	221240	221240	20153.8	20153.8	255463	1.02333
	6	1 CHS-CF 168.3x4			307.000	307.000	0.85	-115.32	23512.2	23512.2	7720.53	25.1484	76.5873	1536.83	0.23376
OK	0.14	0.00 S275	2804.22	15	307.000	307.000	0.85	55149.7	0.00000	221240	221240	20225.9	20225.9	255463	1.02333
	7	2 HEA120			93.0000	93.0000	1.00	-4.1333	15350.3	15350.3	-522.02	18.8337	-174.54	-	-0.0047
OK	0.05	0.01 S275	2804.22	2	93.0000	93.0000	1.00	67568.3	0.00000	318880	155467	31455.2	12983.0	-	0.37200
	8	2 HEA120			93.5000	93.5000	1.00	-8.5587	-24882	-24882	289.959	12.7098	-389.29	-	0.00453
OK	0.08	0.03 S275	2804.22	2	93.5000	93.5000	1.00	67568.3	0.00000	318880	155467	31455.2	12983.0	-	0.37400
	9	2 HEA120			93.5000	93.5000	1.00	-8.6698	22402.4	22402.4	386.420	-10.927	-257.32	-	-0.0066
OK	0.07	0.02 S275	2804.22	3	93.5000	93.5000	1.00	67568.3	0.00000	318880	155467	31455.2	12983.0	-	0.37400
	10	2 HEA120			140.000	140.000	1.00	-1.5021	6019.88	6019.88	-238.84	1.70603	-61.072	-	-0.0049
OK	0.02	0.00 S275	2804.22	2	140.000	140.000	1.00	67568.3	0.00000	318880	155467	31455.2	12983.0	-	0.56000
	11	2 HEA120			93.0000	93.0000	1.00	4.14968	19446.2	19446.2	-529.46	18.9211	-223.63	-	-0.0058
OK	0.06	0.02 S275	2804.22	2	93.0000	93.0000	1.00	67568.3	0.00000	318880	155467	31455.2	12983.0	-	0.37200
	12	2 HEA120			30.0000	30.0000	1.00	-11.628	6019.88	6019.88	-238.84	-7.9600	204.535	-	-0.0002
OK	0.02	0.02 S275	2804.22	2	30.0000	30.0000	1.00	67568.3	0.00000	318880	155467	31455.2	12983.0	-	0.12000
	14	3 RHS-CF 60X60X4 UNI7812			140.000	140.000	1.00	0.87972	3211.55	3211.55	-40.300	-3.5434	-107.23	234.621	-0.0480
OK	0.09	0.02 S275	2804.22	5	140.000	140.000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6438.91	6438.91	33334.7	0.56000
	15	3 RHS-CF 60X60X4 UNI7812			15.0000	15.0000	1.00	0.00000	-166.59	-166.59	-5.0625	-0.6750	-22.212	0.00000	-0.0000
OK	0.00	0.00 S275	2804.22	4	15.0000	15.0000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6484.55	6484.55	33334.7	0.06000
	16	3 RHS-CF 60X60X4 UNI7812			30.0000	30.0000	1.00	0.00000	-666.37	-666.37	-20.250	1.35000	44.4250	0.00000	-0.0010
OK	0.02	0.01 S275	2804.22	4	30.0000	30.0000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6484.55	6484.55	33334.7	0.12000
	17	3 RHS-CF 60X60X4 UNI7812			140.000	140.000	1.00	0.24850	4903.18	4903.18	38.3528	3.50699	-163.71	181.356	-0.0731
OK	0.13	0.03 S275	2804.22	4	140.000	140.000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6449.27	6449.27	33334.7	0.56000
	18	3 RHS-CF 60X60X4 UNI7812			15.0000	15.0000	1.00	0.00000	-254.34	-254.34	-5.0625	-0.6750	-33.912	0.00000	-0.0001
OK	0.01	0.01 S275	2804.22	4	15.0000	15.0000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6484.55	6484.55	33334.7	0.06000
	19	3 RHS-CF 60X60X4 UNI7812			30.0000	30.0000	1.00	0.00000	-1017.4	-1017.4	-20.250	1.35000	67.8250	0.00000	-0.0015
OK	0.03	0.01 S275	2804.22	4	30.0000	30.0000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6484.55	6484.55	33334.7	0.12000

midas Gen - Steel Code Checking [ Eurocode3:05 ]

Gen 2019

\*.PROJECT :  
 \*.UNIT SYSTEM : kgf, cm

[ Eurocode3:05 ] CODE CHECKING SUMMARY SHEET --- SELECTED MEMBERS IN ANALYSIS MODEL.

MEMB	SECT	Section	Fy	LCB	Len	Ly	Bmy	N,Ed	My,Ed	My,Ed	Mz,Ed	Vy,Ed	Vz,Ed	T,Ed	Def
CHK	CCM	SHR Material			Lu	Lz	Bmz	N,Rd	Mb,Rd	My,Rd	Mz,Rd	Vy,Rd	Vz,Rd	T,Rd	Defa
20	3	RHS-CF 60X60X4 UNI7812	2804.22	5	140.000	140.000	1.00	-0.4271	4903.18	4903.18	-39.361	-3.5295	-163.71	56.5623	-0.0731
OK	0.13	0.03 S275	2804.22	5	140.000	140.000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6473.55	6473.55	33334.7	0.56000
21	3	RHS-CF 60X60X4 UNI7812	2804.22	4	15.0000	15.0000	1.00	0.00000	-254.34	-254.34	-5.0625	-0.6750	-33.912	0.00000	-0.0001
OK	0.01	0.01 S275	2804.22	4	15.0000	15.0000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6484.55	6484.55	33334.7	0.06000
22	3	RHS-CF 60X60X4 UNI7812	2804.22	4	30.0000	30.0000	1.00	0.00000	-1017.4	-1017.4	-20.250	1.35000	67.8250	0.00000	-0.0015
OK	0.03	0.01 S275	2804.22	4	30.0000	30.0000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6484.55	6484.55	33334.7	0.12000
23	3	RHS-CF 60X60X4 UNI7812	2804.22	5	170.000	170.000	1.00	-0.0267	7529.29	7529.29	-183.58	3.83574	-196.66	495.796	-0.1663
OK	0.20	0.03 S275	2804.22	5	170.000	170.000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6388.10	6388.10	33334.7	0.68000
24	3	RHS-CF 60X60X4 UNI7812	2804.22	4	15.0000	15.0000	1.00	0.00000	-254.34	-254.34	-5.0625	-0.6750	-33.912	0.00000	-0.0001
OK	0.01	0.01 S275	2804.22	4	15.0000	15.0000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6484.55	6484.55	33334.7	0.06000
25	3	RHS-CF 60X60X4 UNI7812	2804.22	4	30.0000	30.0000	1.00	0.00000	-1017.4	-1017.4	-20.250	1.35000	67.8250	0.00000	-0.0015
OK	0.03	0.01 S275	2804.22	4	30.0000	30.0000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6484.55	6484.55	33334.7	0.12000
26	3	RHS-CF 60X60X4 UNI7812	2804.22	5	170.000	170.000	1.00	1.25925	7531.40	7531.40	-57.669	-4.2508	-196.66	52.9092	-0.1664
OK	0.20	0.03 S275	2804.22	5	170.000	170.000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6474.26	6474.26	33334.7	0.68000
27	3	RHS-CF 60X60X4 UNI7812	2804.22	4	15.0000	15.0000	1.00	0.00000	-254.34	-254.34	-5.0625	-0.6750	-33.912	0.00000	-0.0001
OK	0.01	0.01 S275	2804.22	4	15.0000	15.0000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6484.55	6484.55	33334.7	0.06000
28	3	RHS-CF 60X60X4 UNI7812	2804.22	4	30.0000	30.0000	1.00	0.00000	-1017.4	-1017.4	-20.250	1.35000	67.8250	0.00000	-0.0015
OK	0.03	0.01 S275	2804.22	4	30.0000	30.0000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6484.55	6484.55	33334.7	0.12000
29	3	RHS-CF 60X60X4 UNI7812	2804.22	4	170.000	170.000	1.00	1.23800	7531.40	7531.40	58.0188	4.24685	-196.66	135.239	-0.1664
OK	0.20	0.03 S275	2804.22	4	170.000	170.000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6458.24	6458.24	33334.7	0.68000
30	3	RHS-CF 60X60X4 UNI7812	2804.22	4	15.0000	15.0000	1.00	0.00000	-254.34	-254.34	-5.0625	-0.6750	-33.912	0.00000	-0.0001
OK	0.01	0.01 S275	2804.22	4	15.0000	15.0000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6484.55	6484.55	33334.7	0.06000
31	3	RHS-CF 60X60X4 UNI7812	2804.22	4	30.0000	30.0000	1.00	0.00000	-1017.4	-1017.4	-20.250	1.35000	67.8250	0.00000	-0.0015
OK	0.03	0.01 S275	2804.22	4	30.0000	30.0000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6484.55	6484.55	33334.7	0.12000
32	3	RHS-CF 60X60X4 UNI7812	2804.22	4	170.000	170.000	1.00	-0.0729	4938.81	4938.81	196.252	-3.9929	-128.82	177.648	-0.1095
OK	0.14	0.02 S275	2804.22	4	170.000	170.000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6449.99	6449.99	33334.7	0.68000
33	3	RHS-CF 60X60X4 UNI7812	2804.22	4	15.0000	15.0000	1.00	0.00000	-166.59	-166.59	-5.0625	-0.6750	-22.212	0.00000	-0.0000
OK	0.00	0.00 S275	2804.22	4	15.0000	15.0000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6484.55	6484.55	33334.7	0.06000
34	3	RHS-CF 60X60X4 UNI7812	2804.22	4	30.0000	30.0000	1.00	0.00000	-666.37	-666.37	-20.250	1.35000	44.4250	0.00000	-0.0010
OK	0.02	0.01 S275	2804.22	4	30.0000	30.0000	1.00	22463.1	0.00000	37656.7	37656.7	6484.55	6484.55	33334.7	0.12000
35	2	HEA120	2804.22	2	93.0000	93.0000	1.00	9.06496	19536.3	19536.3	-522.21	8.59444	-12.896	-	-0.0112
OK	0.06	0.00 S275	2804.22	2	93.0000	93.0000	1.00	67568.3	0.00000	318880	155467	31455.2	12983.0	-	0.37200
36	2	HEA120	2804.22	2	92.5000	92.5000	1.00	9.66569	19404.3	19404.3	-474.65	-10.126	221.717	-	-0.0058
OK	0.06	0.02 S275	2804.22	2	92.5000	92.5000	1.00	67568.3	0.00000	318880	155467	31455.2	12983.0	-	0.37000
37	2	HEA120	2804.22	3	92.0000	92.0000	1.00	-0.9077	22445.2	22445.2	693.398	19.2593	257.777	-	-0.0065
OK	0.07	0.02 S275	2804.22	3	92.0000	92.0000	1.00	67568.3	0.00000	318880	155467	31455.2	12983.0	-	0.36800



midas Gen - Steel Code Checking [ Eurocode3:05 ]

Gen 2019

\*.PROJECT :  
 \*.UNIT SYSTEM : kgf, cm

[ Eurocode3:05 ] CODE CHECKING SUMMARY SHEET --- SELECTED MEMBERS IN ANALYSIS MODEL.

CHK	MEMB COM	SECT SHR	Section Material	Fy	LCB	Len Lu	Ly Lz	Bmy Bmz	N,Ed N,Rd	My,Ed Mb,Rd	My,Ed My,Rd	Mz,Ed Mz,Rd	Vy,Ed Vy,Rd	Vz,Ed Vz,Rd	T,Ed T,Rd	Def Defa
CK	38 0.07	2 0.00	HEA120 S275	2804.22	3	93.0000 93.0000	93.0000 93.0000	1.00 1.00	-6.4127 67568.3	22549.0 0.00000	22549.0 318880	577.790 155467	8.81750 31455.2	12.4300 12983.0	-	-0.0128 -0.37200
CK	39 0.08	2 0.03	HEA120 S275	2804.22	3	92.5000 92.5000	92.5000 92.5000	1.00 1.00	9.68431 67568.3	-25410 0.00000	-25410 318880	-178.50 155467	12.4254 31455.2	360.431 12983.0	-	0.00541 -0.37000
CK	40 0.05	2 0.01	HEA120 S275	2804.22	2	93.0000 93.0000	93.0000 93.0000	1.00 1.00	-9.0486 67568.3	15531.6 0.00000	15531.6 318880	-177.65 155467	9.07286 31455.2	105.015 12983.0	-	-0.0065 -0.37200
CK	41 0.06	2 0.02	HEA120 S275	2804.22	2	92.0000 92.0000	92.0000 92.0000	1.00 1.00	-0.8551 67568.3	18550.7 0.00000	18550.7 318880	-689.62 155467	-19.163 31455.2	211.583 12983.0	-	-0.0055 -0.36800
CK	42 0.06	2 0.01	HEA120 S275	2804.22	2	93.0000 93.0000	93.0000 93.0000	1.00 1.00	-6.3439 67568.3	18685.9 0.00000	18685.9 318880	-222.36 155467	-9.2205 31455.2	-100.66 12983.0	-	-0.0084 -0.37200

## 19) Tabulati verifica c.a.

### 19.1) Combinazioni di verifica

```

+=====+
| MIDAS (Modeling, Integrated Design & Analysis Software) |
| midas Gen - Load Combinations                          |
|                                                         |
|                                                         | (c) SINCE 1989 |
+=====+
| MIDAS Information Technology Co., Ltd.                  | (MIDAS IT) |
| Gen 2019                                               |          |
+=====+

```

-----  
DESIGN TYPE : Concrete Design  
-----

#### LIST OF LOAD COMBINATIONS

```

=====
NUM  NAME          ACTIVE          TYPE          LOADCASE (FACTOR) +          LOADCASE (FACTOR) +          LOADCASE (FACTOR)
=====
1    SLU Neve      Strength/Stress  Add          PP( 1.300) +          Perm( 1.500) +          Neve( 1.500)
-----
2    SLU Neve +Vento+Y Strength/Stress  Add          PP( 1.300) +          Perm( 1.500) +          Neve( 1.500)
+    Vento +Y( 0.900)
-----
3    SLU Neve +Vento-Y Strength/Stress  Add          PP( 1.300) +          Perm( 1.500) +          Neve( 1.500)
+    Vento -Y( 0.900)
-----
4    SLU Neve +Vento+X Strength/Stress  Add          PP( 1.300) +          Perm( 1.500) +          Neve( 1.500)
+    Vento +X( 0.900)
-----
5    SLU Neve +Vento-X Strength/Stress  Add          PP( 1.300) +          Perm( 1.500) +          Neve( 1.500)
+    Vento -X( 0.900)
-----
6    SLU Vento+Y   Strength/Stress  Add          PP( 1.300) +          Perm( 1.500) +          Vento +Y( 1.500)
-----
7    SLU Vento-Y   Strength/Stress  Add          PP( 1.300) +          Perm( 1.500) +          Vento -Y( 1.500)
-----
8    SLU Vento+X   Strength/Stress  Add          PP( 1.300) +          Perm( 1.500) +          Vento +X( 1.500)
-----
9    SLU Vento-X   Strength/Stress  Add          PP( 1.300) +          Perm( 1.500) +          Vento -X( 1.500)
-----
10   SLU Vento+Y +Neve Strength/Stress  Add          PP( 1.300) +          Perm( 1.500) +          Neve( 0.750)
+    Vento +Y( 1.500)
-----
11   SLU Vento-Y +Neve Strength/Stress  Add          PP( 1.300) +          Perm( 1.500) +          Neve( 0.750)
+    Vento -Y( 1.500)
-----
12   SLU Vento+X +Neve Strength/Stress  Add          PP( 1.300) +          Perm( 1.500) +          Neve( 0.750)
+    Vento +X( 1.500)
-----
13   SLU Vento-X +Neve Strength/Stress  Add          PP( 1.300) +          Perm( 1.500) +          Neve( 0.750)
+    Vento -X( 1.500)
=====

```

14	SLV1	Strength/Stress PP( 1.000) + slv_y( 0.300)	Add	Perm( 1.000) +	slv_x( 1.000)
-----					
15	SLV2	Strength/Stress PP( 1.000) + slv_y(-0.300)	Add	Perm( 1.000) +	slv_x( 1.000)
-----					
16	SLV3	Strength/Stress PP( 1.000) + slv_y( 0.300)	Add	Perm( 1.000) +	slv_x(-1.000)
-----					
17	SLV4	Strength/Stress PP( 1.000) + slv_y(-0.300)	Add	Perm( 1.000) +	slv_x(-1.000)
-----					
18	SLV5	Strength/Stress PP( 1.000) + slv_y( 1.000)	Add	Perm( 1.000) +	slv_x( 0.300)
-----					
19	SLV6	Strength/Stress PP( 1.000) + slv_y(-1.000)	Add	Perm( 1.000) +	slv_x( 0.300)
-----					
20	SLV7	Strength/Stress PP( 1.000) + slv_y( 1.000)	Add	Perm( 1.000) +	slv_x(-0.300)
-----					
21	SLV8	Strength/Stress PP( 1.000) + slv_y(-1.000)	Add	Perm( 1.000) +	slv_x(-0.300)
-----					

## 19.3) Verifica sintetica platea in c.a.

### 19.3.1) Armatura inferiore orizzontale

-----  
 midas Gen - RC-Slab Flexural Checking [ Eurocode2:04 & NTC2008 ] Gen 2019  
 =====

=====  
 [[[\*]]] SLAB CHECKING MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 1-Platea, Dir 1.  
 =====

Thk	Elem	POS	AsReq	AsUse	M_Ed( LCB)	M_Rd	Rat	CHK
25.000	73	BOT	0.0373	0.0251	143.449( 2)	1958.96	0.073	OK
	68	TOP	0.0373	0.0251	109.037( 14)	1958.96	0.056	OK

-----

<< BOTTOM >>

-. Information of Parameters.

Elem No. : 73  
 Thickness : 25.0000 cm.  
 Materials : fck = 254.9291 kgf/cm<sup>2</sup>.  
               fcd = 169.9527 kgf/cm<sup>2</sup>.  
               fyk = 4078.8649 kgf/cm<sup>2</sup>.  
 Covering : dB = 2.6000 cm.  
               dT = 2.6000 cm.  
 LCB No. : 2

-. Information of Design.

b = 0.1000 cm. (by Code Unit Length).  
 d = 22.4000 cm.  
 lambda = 0.800  
 a = lambda \* x = 0.521 cm.  
 eta = 1.000  
 Cc = eta\*fcd\*b\*a = 8.8482 kgf.  
 M\_Rd = Cc\*(d-a/2) = 1958.9555 kgf-cm./cm.

-. Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P8 @200  
 As\_req = 0.0373 cm<sup>2</sup>/cm. ( 3.7346 cm<sup>2</sup>/m.)  
 M\_Ed = 143.4493 kgf-cm./cm.  
 M\_Rd = 1958.9555 kgf-cm./cm.  
 RatM = M\_Ed / M\_Rd = 0.073 < 1.0 ---> O.K !

-. Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

x/d = 0.029

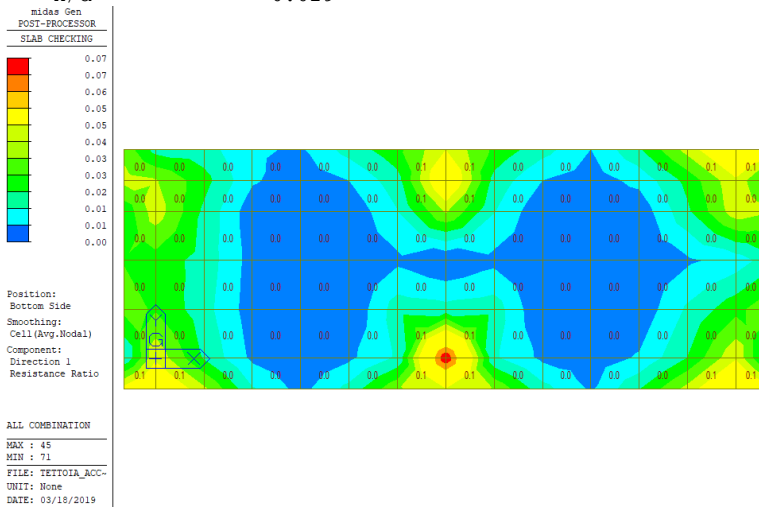


Figura 10 - Indice di resistenza a flessione - armatura inferiore orizzontale

## 19.3.2) Armatura superiore orizzontale

midas Gen - RC-Slab Flexural Checking [ Eurocode2:04 & NTC2008 ] Gen 2019

[[[\*]]] SLAB CHECKING MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 1-Platea, Dir 1.

Thk	Elem	POS	AsReq	AsUse	M_Ed( LCB)	M_Rd	Rat	CHK
25.000	73	BOT	0.0373	0.0251	143.449( 2)	1958.96	0.073	OK
	68	TOP	0.0373	0.0251	109.037( 14)	1958.96	0.056	OK

<< TOP >>

- Information of Parameters.

Elem No. : 68  
 Thickness : 25.0000 cm.  
 Materials : fck = 254.9291 kgf/cm<sup>2</sup>.  
 fcd = 169.9527 kgf/cm<sup>2</sup>.  
 fyk = 4078.8649 kgf/cm<sup>2</sup>.  
 Covering : dB = 2.6000 cm.  
 dT = 2.6000 cm.  
 LCB No. : 14

- Information of Design.

b = 0.1000 cm. (by Code Unit Length).  
 d = 22.4000 cm.  
 lambda = 0.800  
 a = lambda \* x = 0.521 cm.  
 eta = 1.000  
 Cc = eta\*fcd\*b\*a = 8.8482 kgf.  
 M\_Rd = Cc\*(d-a/2) = 1958.9555 kgf-cm./cm.

- Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P8 @200  
 As\_req = 0.0373 cm<sup>2</sup>/cm. ( 3.7346 cm<sup>2</sup>/m.)  
 M\_Ed = 109.0366 kgf-cm./cm.  
 M\_Rd = 1958.9555 kgf-cm./cm.  
 RatM = M\_Ed / M\_Rd = 0.056 < 1.0 ---> O.K !

- Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

x/d = 0.029

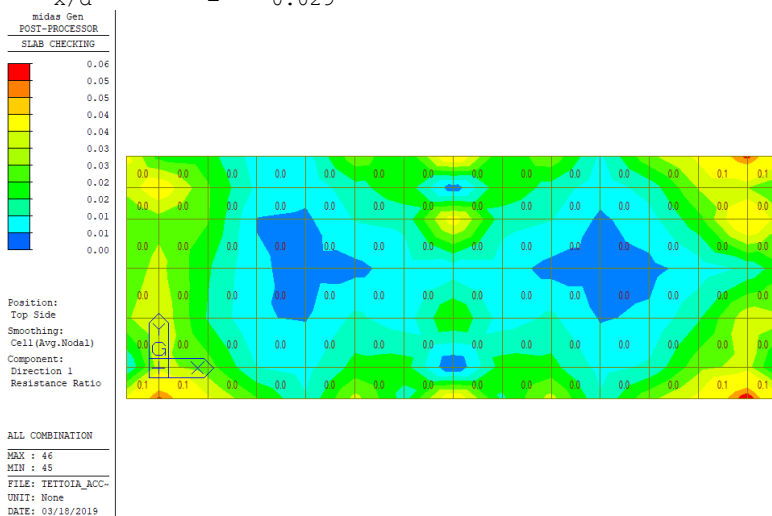


Figura 11 - Indice di resistenza a flessione - armatura superiore orizzontale

## 19.3.1) Armatura inferiore verticale

midas Gen - RC-Slab Flexural Checking [ Eurocode2:04 & NTC2008 ] Gen 2019

[[[\*]]] SLAB CHECKING MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 1-Platea, Dir 2.

Thk	Elem	POS	AsReq	AsUse	M_Ed( LCB)	M_Rd	Rat	CHK
25.000	73	BOT	0.0373	0.0251	147.852( 2)	1958.96	0.075	OK
	58	TOP	0.0373	0.0251	125.954( 20)	1958.96	0.064	OK

<< BOTTOM >>

- Information of Parameters.

Elem No. : 73  
 Thickness : 25.0000 cm.  
 Materials : fck = 254.9291 kgf/cm<sup>2</sup>.  
               fcd = 169.9527 kgf/cm<sup>2</sup>.  
               fyk = 4078.8649 kgf/cm<sup>2</sup>.  
 Covering : dB = 2.6000 cm.  
               dT = 2.6000 cm.  
 LCB No. : 2

- Information of Design.

b = 0.1000 cm. (by Code Unit Length).  
 d = 22.4000 cm.  
 lambda = 0.800  
 a = lambda \* x = 0.521 cm.  
 eta = 1.000  
 Cc = eta\*fcd\*b\*a = 8.8482 kgf.  
 M\_Rd = Cc\*(d-a/2) = 1958.9555 kgf-cm./cm.

- Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P8 @200  
 As\_req = 0.0373 cm<sup>2</sup>/cm. ( 3.7346 cm<sup>2</sup>/m.)  
 M\_Ed = 147.8518 kgf-cm./cm.  
 M\_Rd = 1958.9555 kgf-cm./cm.  
 RatM = M\_Ed / M\_Rd = 0.075 < 1.0 ---> O.K !

- Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

x/d = 0.029

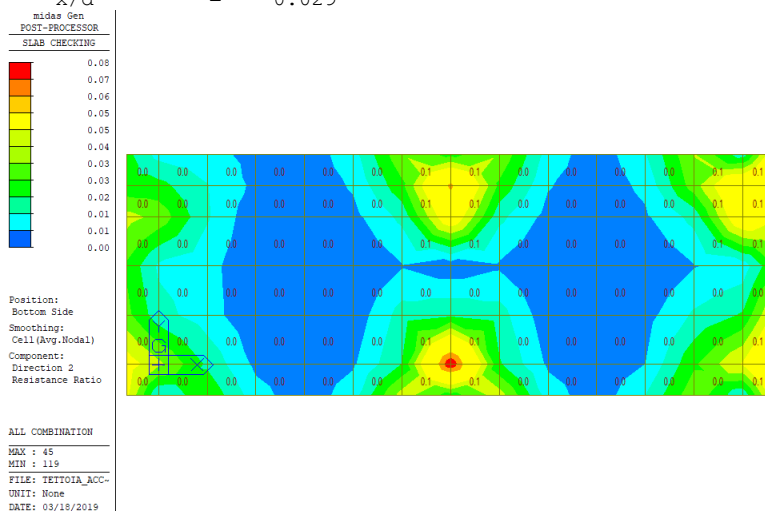


Figura 12 - Indice di resistenza a flessione - armatura inferiore verticale

## 19.3.2) Armatura superiore verticale

midas Gen - RC-Slab Flexural Checking [ Eurocode2:04 & NTC2008 ] Gen 2019

[[[\*]]] SLAB CHECKING MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 1-Platea, Dir 2.

Thk	Elem	POS	AsReq	AsUse	M_Ed( LCB)	M_Rd	Rat	CHK
25.000	73	BOT	0.0373	0.0251	147.852( 2)	1958.96	0.075	OK
	58	TOP	0.0373	0.0251	125.954( 20)	1958.96	0.064	OK

<< TOP >>

- Information of Parameters.

Elem No. : 58  
 Thickness : 25.0000 cm.  
 Materials : fck = 254.9291 kgf/cm<sup>2</sup>.  
               fcd = 169.9527 kgf/cm<sup>2</sup>.  
               fyk = 4078.8649 kgf/cm<sup>2</sup>.  
 Covering : dB = 2.6000 cm.  
               dT = 2.6000 cm.  
 LCB No. : 20

- Information of Design.

b = 0.1000 cm. (by Code Unit Length).  
 d = 22.4000 cm.  
 lambda = 0.800  
 a = lambda \* x = 0.521 cm.  
 eta = 1.000  
 Cc = eta\*fcd\*b\*a = 8.8482 kgf.  
 M\_Rd = Cc\*(d-a/2) = 1958.9555 kgf-cm./cm.

- Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P8 @200  
 As\_req = 0.0373 cm<sup>2</sup>/cm. ( 3.7346 cm<sup>2</sup>/m.)  
 M\_Ed = 125.9536 kgf-cm./cm.  
 M\_Rd = 1958.9555 kgf-cm./cm.  
 RatM = M\_Ed / M\_Rd = 0.064 < 1.0 ---> O.K !

- Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

x/d = 0.029

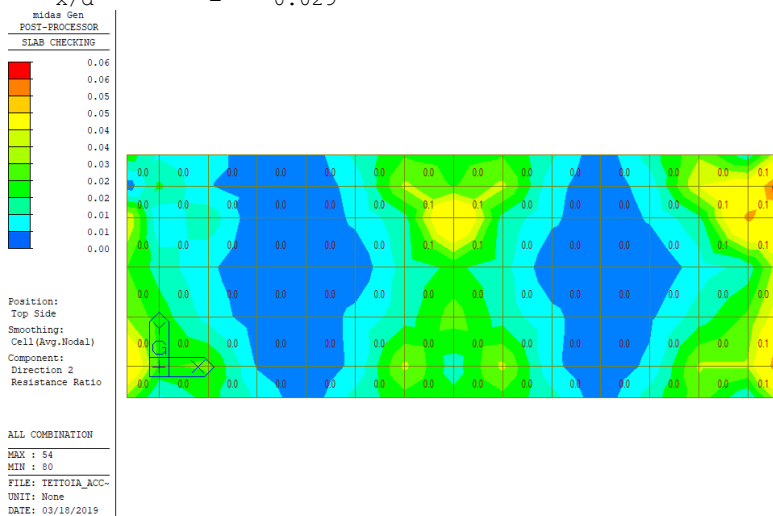


Figura 13 - Indice di resistenza a flessione - armatura superiore verticale

### 19.3.3) Verifica a punzonamento

midas Gen - RC-Slab Shear Checking [ Eurocode2:04 & NTC2008 ]

Gen 2019

[[[\*]]] PUNCHING CHECK MAXIMUM RESULT DATA BY FORCE : DOMAIN 1-Platea.

-. Information of Parameters.

Elem No. : 2  
 LCB No. : 7  
 Materials : fck = 254.9291 kgf/cm<sup>2</sup>.  
 Thickness : 25.0000 cm.  
 Covering : dB = 2.6000 cm.  
 dT = 2.6000 cm.

-. Information of Checking.

V<sub>Ed</sub> = 396.2750 kgf.  
 u<sub>l</sub> = 147.4713 cm.  
 u<sub>l</sub>' = 147.4713 cm.  
 u<sub>0</sub> = 52.8730 cm.  
 d = 22.4000 cm.  
 Beta = u<sub>l</sub> / u<sub>l</sub>' = 1.7716  
 Beta\*V<sub>Ed</sub> = 702.0364 kgf.

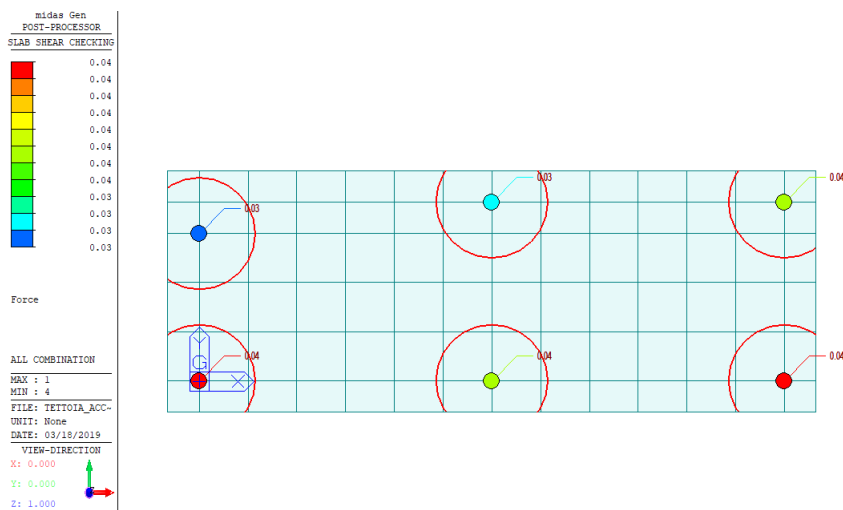
-. Basic control perimeter

rholy = 0.0013  
 rholz = 0.0013  
 rhol = min[ sqrt(rholy\*rholz), 0.02 ] = 0.0013  
 K = min[ 1+(200/d)<sup>0.5</sup>, 2.0 ] = 1.945 (d in mm)  
 gamma<sub>c</sub> = 1.500  
 V<sub>Rd,c</sub> = max[ 0.035\*k<sup>1.5</sup>\*sqrt(fck), (0.18/gamma<sub>c</sub>)\*K\*(100\*rhol\*fck)<sup>1/3</sup> ]\*u<sub>l</sub>\*d  
 = 15989.0497 kgf.

RatV = Beta\*V<sub>Ed</sub> / V<sub>Rd,c</sub> = 0.044 < 1.0 ---> O.K !

-. Column face

alpha<sub>cc</sub> = 1.0000  
 gamma<sub>c</sub> = 1.5000  
 fcd = alpha<sub>cc</sub>\*fck/gamma<sub>c</sub> = 169.9527 kgf/cm<sup>2</sup>.  
 Nu = 0.5000 (fck <= 70MPa)  
 V<sub>Rd,max</sub> = 0.5\*Nu\*fcd\*u<sub>0</sub>\*d = 50321.0958 kgf.  
 Beta\*V<sub>Ed</sub>/V<sub>Rd,max</sub> = 0.014 < 1.0 ---> OK !





## 20) Pressione sulla fondazione

Il suolo è stato modellato con la schematizzazione alla Winkler in cui si ipotizza che la spinta esercitata dalla fondazione sul suolo è proporzionale all'abbassamento del suolo.

L' espressione matematica del modello di Winkler, nel caso di fondazione superficiale piana è:

$$p_{(x,y)} = k * w^{(x,y)}$$

dove:

$k[\text{kg}/\text{cm}^3]$  è la costante di sottofondo,

$w_{(x,y)}[\text{m}]$  è lo spostamento verticale di un punto generico di coordinate  $(x,y)$  che giace sul terreno

$p_{(x,y)}[\text{N} / \text{m}^2]$  è la pressione agente sulla superficie del terreno.

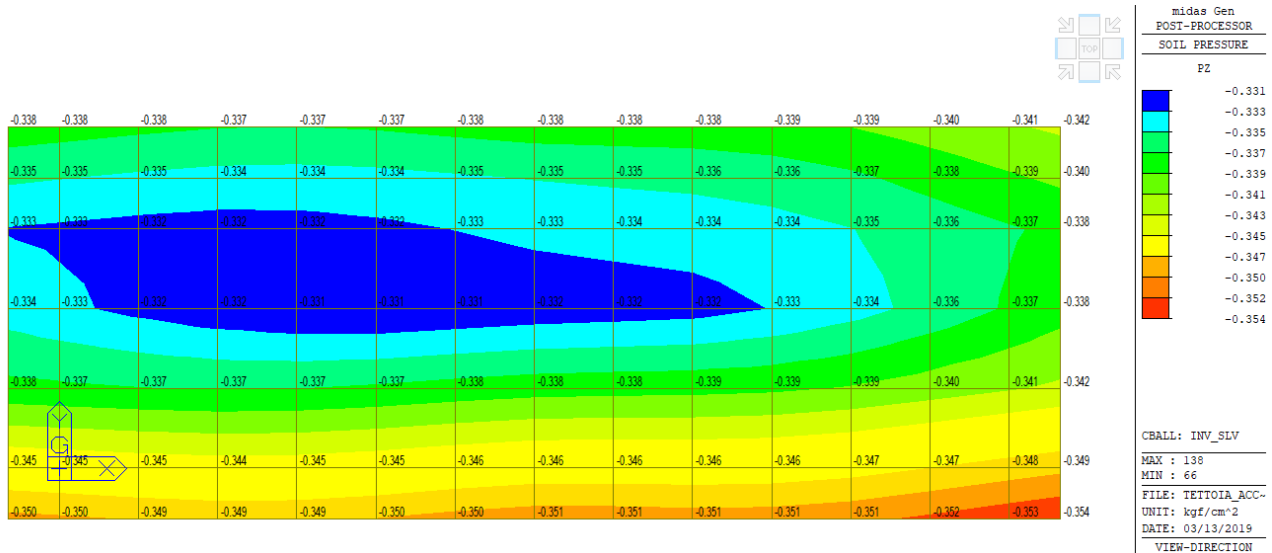
Praticamente il modello equivale a schematizzare il terreno come un letto di molle, dotate di una certa rigidezza, molto vicine tra loro ma svincolate: quindi ogni molla è indipendente dalle altre (cede solo la molla premuta).

La pressione massima sulla fondazione la si ricava sulla base del massimo spostamento verticale sul suolo di fondazione e dalla costante si Winkler utilizzata ( $k= 5 \text{ kg}/\text{cm}^3$ ).

La pressione massima risulta:

$$q = 0,354 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

Di seguito sono riportati i diagrammi della pressione nelle varie combinazioni di carico:



## 21) Verifica dettagli costruttivi

### Verifica ancoraggio di base

Le sollecitazioni agenti sulla giunzione di base sono state determinate con modello di calcolo agli elementi finiti. Si riportano a seguire le reazioni vincolari delle colonne.

Node	Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
1	INV_SLV	0.784895	-0.895502	3.833278	2.066936	2.352431	0.159875
2	INV_SLV	0.784945	0.953306	11.179863	-2.532159	2.352793	0.046785
3	INV_SLV	0.784919	-0.895774	4.408854	2.287493	2.352350	-0.150712
4	INV_SLV	-0.779766	-0.895502	4.026820	2.066895	-2.281953	0.159290
5	INV_SLV	-0.776900	0.953285	7.337384	-2.532219	-2.261976	-0.032096
6	INV_SLV	-0.776870	-0.895773	4.586326	2.287441	-2.261528	0.150850

La giunzione di base è realizzata con 4 tirafondi M20 annegati in fase di getto della fondazione.

La condizione maggiormente gravosa si ha per il pilastro 1 caratterizzato dal minor sforzo assiale.

Lo sforzo di trazione agente sui tirafondi è pari a:

L'interasse tra i tirafondi è pari a 200 mm.

$$F_{t,ed} = \frac{M_x + M_y}{2 \cdot i} - \frac{F_z}{4} = 10,09 \text{ kN}$$

Lo sforzo di taglio agente su ciascun tirafondo è pari a:

$$F_{v,Ed} = \frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{4} = 0,30 \text{ kN}$$

La resistenza a trazione del tirafondo M20 è pari a:

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot A_{res} \cdot \frac{f_{tb}}{\gamma_M} = 141,12 \text{ kN}$$

La resistenza a taglio del tirafondo M20 è pari a:

$$F_{t,Rd} = 0,6 \cdot A_{res} \cdot \frac{f_{tb}}{\gamma_M} = 94,08 \text{ kN}$$

Si ha pertanto:

$$\frac{F_{t,ed}}{F_{t,Rd}} = 0,08 < 1$$

$$\frac{F_{v,ed}}{F_{v,Rd}} = 0,01 < 1$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## **22) Dichiarazione di rispetto delle verifiche a stato limite**

Tutte le verifiche a stato limite ultimo (SLU) e a stato limite di salvaguardia della vita (SLV) hanno dato esito positivo e risultano soddisfatti i requisiti di cui al par. 7.3.6.

Analogamente sono state condotte le verifiche a stato limite di esercizio sia in condizioni statiche (SLE) che in condizioni sismiche (SLD) e tutte hanno dato esito positivo e risultano soddisfatti i requisiti di cui al par. 7.3.6.

## 23) Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

### 23.1) Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi lineare dinamica con spettro di risposta secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

### 23.2) Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo MIDAS GEN - per edifici e strutture generiche, il prodotto leader in zona sismica

Versione GEN 2019 (v1.1)

Produttore MIDAS – TowerB,17 Pangyo-ro 228beon-gil, Bundang-gu - 463-400; KOREA

Utente SIA Professionisti Associati

Licenza U001-21306



### 23.3) Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice MIDAS ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

### 23.4) Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

## 23.5) Presentazione del software

MIDAS Gen FX è il software general purpose di MIDAS, che risolve integralmente tutte le problematiche di analisi e progettazione di qualsiasi tipologia strutturale dalle più complesse alle più semplici in zona sismica e non (edifici multipiano, edifici industriali, torri, tralicci, silos, ogni tipologia di fondazione, completa interazione terreno struttura, ponti, infrastrutture stradali, strutture in muratura) con qualsiasi materiale. La libreria di elementi finiti è molto vasta e comprende beam a sezione variabile, truss resistenti a sola trazione e/o sola compressione, elementi Wall per pareti antisismiche, plate, solid, plane stress, plane strain, piastre irrigidite ortotrope, etc.

MIDAS / Gen offre vari sistemi di menu e finestre per perseguire l'ottimizzazione dello spazio. Inoltre, fornisce finestre supplementari come Tree Menu e menu Task, e una barra degli strumenti che può essere personalizzato dall'utente

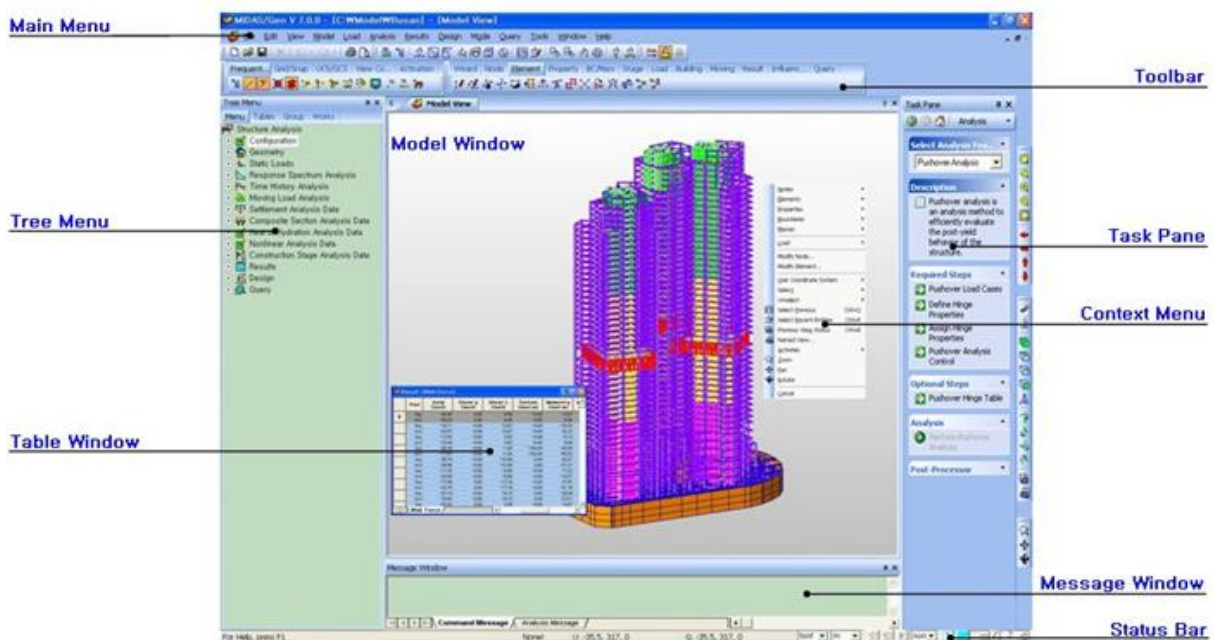


Figura 14 – Schermata iniziale del software MIDA GEN

**Main Menu >>>** Questa è la finestra di lavoro in cui vengono eseguiti modellazione e di post-elaborazione utilizzando le varie funzioni GUI di MIDAS / Gen. Quando il programma viene eseguito, la pagina iniziale di link al sito MIDAS ([www.MidasUser.com](http://www.MidasUser.com)), dove si posso trovare tutte le informazioni utili sul software.

**Main Menu >>>** Il Main Menu ospita tutti i comandi ei tasti di scelta rapida che sono necessari per il funzionamento di MIDAS / Gen.

**Tree Menu >>>** Una serie di processi di lavoro, dalla modellazione alla analisi, la progettazione e la generazione di fogli di calcolo, è presente in modo sistematico. La Struttura del menu guida la procedura di richiesta e richiama la relativa

---

casella di dialogo in modo che anche un principiante, ma anche in qualità di esperto, in modo efficiente eseguire il lavoro senza un errore.

**Toolbar >>>** MIDAS / Gen offre un menu delle icone simbolo di ogni funzione, che consente un facile accesso ai menu di uso frequente. Inoltre, altri tipi di menu icone sono raggruppate in schede (barra degli strumenti a schede). Questo permette all'utente di identificare correttamente il menu delle icone con facilità.

**Task Pane >>>** Simili tipi di menu a icone sono raggruppate in schede (barra degli strumenti a schede). Questo permette all'utente di identificare correttamente il menu delle icone con facilità. Il riquadro attività visualizza la procedura di lavoro per funzioni avanzate di analisi e descrizione di oggetti in ingresso, in modo da consentire all'utente di lavorare con facilità.

**Context Menu >>>** È sufficiente fare clic con il mouse sulla finestra del modello o Works Albero per richiamare il menu di scelta rapida, come ad esempio le funzioni ed a funzioni di uso frequente, a seconda della situazione di lavoro, enti selezionati e la posizione click.

**Table Window >>>** Il Table Window genera dati di input diversi e risultati di analisi in una tabella in formato foglio di calcolo, che è simile a MS-Excel.

Nella Table Window, è possibile modificare, aggiungere, cercare e ordinare i dati. Inoltre, grafico che traccia è possibile entro MIDAS / Gen e la tabella è compatibile con i programmi di calcolo più commerciali, tra cui MS-Excel.

**Message Window >>>** Vari messaggi di informazione e di allarme o di errore, che sono utili per la modellazione e l'analisi, vengono visualizzati.

**Status Bar >>>** Nella barra di stato, controllare le coordinate come per ogni sistema di coordinate, sistema di unità, selezionare l'opzione di filtro, a scatto l'elemento di controllo posizione e così via, che consentirà di aumentare l'efficienza del lavoro

### 23.5.1) Ogni tipo di carico, carichi mobili, linee e superficie di influenza

Ampia casistica di carichi tipici di travi e piastre, infinite condizioni di carico, gestione automatica delle combinazioni di carico, conversione automatica di carichi in masse tramite il coefficiente Psi, traduzione automatica di masse in carichi per analisi push-over.

### 23.5.2) Analisi rispondenti ad Eurocodici e Normativa Italiana

Ogni tipo di analisi prevista dalle **NTC2018** analisi sismica statica equivalente; analisi dinamica lineare (spettro di risposta); analisi dinamica nonlineare per smorzatori e dissipatori; analisi dinamica completamente nonlineare con

---

integrazione al passo (considerando isteresi dei materiali). Molteplici opzioni per analisi dinamiche non lineari con cerniere plastiche concentrate, distribuite e modelli a fibre, applicazione di qualsiasi spettro sismico di progetto definito dall'utente, applicazione di molteplici accellerogrammi diversi e in diversi punti della struttura, diverse normative internazionali implementate, molteplici tipologie di isolatori e smorzatori sismici lineari e non lineari.

### 23.5.3) Verifica di strutture esistenti in muratura, calcestruzzo, acciaio e legno

Gen FX offre la possibilità di analizzare agevolmente strutture esistenti realizzate in materiali variegati e disomogeni, con qualsiasi intervento di retrofitting. Ogni materiale viene modellato numericamente con gli algoritmi migliori attualmente disponibili a livello mondiale. Murature a conci disomogenei: modello di materiale "Strumas", del Prof. Pande, collaboratore di Zienkiewicz all'università di Swansea (UK). Presente in MIDAS/Gen sia in versione lineare che nonlineare, permette di considerare i blocchi di muratura ed i corsi di malta, così come ottenuti da un rilievo in situ, come richiesto da **NTC2018** in tema di edifici esistenti in muratura. Usato per modellare muri con elementi finiti di tipo solido (brick), viene usato in accoppiamento a qualsiasi altro elemento finito per simulare l'ulteriore presenza di travi, tiranti, solai, interventi di rinforzo in CA, etc. La versione lineare, col pregio di avere una solida convergenza, individua i campi di frattura e fessurazione. La versione non lineare permette di eseguire delle vere e proprie analisi di pushover di strutture murarie non assimilabili a telai (ovvero la maggior parte dei casi). Nella modellazione a telaio equivalente per **analisi non lineari statiche di Pushover** sono presenti svariate tipologie di cerniere plastiche con comportamento di materiali per simulare acciaio, CA (con metodi FEMA, Eurocodice 8, OPCM 3274 e NTC2018) e muratura (con metodo SAM, descritto dal Prof. Magenes). Come unica ed originale opzione, Gen prevede di valutare alternativamente alle cerniere plastiche la schematizzazione di travi e pilastri a fibre con formulazione "force based" secondo la teoria di Spacone e Filippou (Berkeley), assolutamente performante (in termini di convergenza e rapidità) rispetto alle comuni analisi a fibre nel tradizionale metodo degli spostamenti.

### 23.5.4) Analisi della Costruzione per Fasi

Gestione completa e semplice di tutte le tipologie strutturali, trattazione completa delle fasi costruttive con possibilità di attivare o disattivare in qualsiasi fase elementi finiti, boundaries, carichi, parametri reologici dei materiali; il tutto senza creare file multipli o analisi di restart.

### 23.5.5) Precompressione gestita in modo completo

Gestione completa della precompressione, anche in 3D, quindi con possibilità inserire cavi di precompressione in un qualsiasi modello strutturale, tramite l'inserimento di tracciati di cavi pretesi o post-tesi. Vasta gamma di sezioni parametriche, sezioni composte, sezioni in acciaio, ecc... con visualizzazione dello stato pensionale in output. Possibilità di **importare ed esportare il modello 3D in file dxf**, integrazione con Autodesk © Revit Structure e Tekla.

### 23.5.6) Interazione terreno-struttura

Analisi terreno-struttura con molle generalizzate, lineari e non-lineari, elastoplastiche con hardening, cedimenti differenziati del terreno applicabili non contemporaneamente nello stesso modello.

### 23.6) Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### 23.7) Validazione dei codici

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del DM 17.01.2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore MIDAS e il distributore Harpaceas s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e verifica del software MIDAS GEN. Si fa presente che sul sito [www.MidasUser.com](http://www.MidasUser.com) e sul sito [www.harpaceas.it/](http://www.harpaceas.it/) sono disponibili sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti formati da centinaia di pagine si ritiene pertanto sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MIDAS/GEN è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e nonlineare, con estensione per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare utilizzato in analisi statica è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multi frontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore.

Grande attenzione è stata posta sugli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati trattati dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità.

Di seguito viene proposto l'indice degli esempi di validazione trattati.



## Introduction

Gen Verification Examples contain the verified results of various program functions.

Each example entails a general verification process which confirms the validity of the structural analysis results. These results are compared with theoretical results and the results based on recognized technical reports. Each example is also compared with other similar programs results in this manual.

This manual consists of Title, Description, Model, Results and Comparison of Results of each example with brief explanations.

The references list publications at the end of each example and include lists of other analysis programs used to verify the examples.

Other programs used are as follows:

ADINA

ADINA R&D Inc.

ANSYS

ANSYS Inc.

ETABS

Computers and Structures, Inc.

MSC/NASTRAN

MSC. Software Co. Ltd.

NISA II

Engineering Mechanics Research Corporation

SAP2000

Computers and Structures, Inc.

STAAD/PRO

Research Engineers, Inc.

Relatively small magnitude of structural programs are illustrated in this manual in order to example specific capabilities of the program.

## Verification Examples

### *Static Analysis*

Static-1	Statically indeterminate structural analysis for reaction forces
Static-2	Continuous beam with fixed ends and an intermediate hinge support
Static-3	Overhanging beam analysis
Static-4	Circular ring structure
Static-5	Symmetric frame structure subjected to rotational forces
Static-6	Plane frame with beam span loads
Static-7	Beam with elastic supports and an internal hinge
Static-8	Cantilever beam with a rotational spring at the support
Static-9	Beam on elastic foundation
Static-10	Tapered cantilever beam subjected to a concentrated load at a free end
Static-11	2-D plane truss
Static-12	Cantilever beam with an in plane vertical load at a free end
Static-13	Cantilever plate subjected to a uniform pressure load
Static-14	Tapered cantilever beam subjected to a vertical load at a free end
Static-15	Closed section beam under a torsional moment
Static-16	Cantilever beam subjected to various static loads
Static-17	Curved cantilever beam subjected to forces at a free end
Static-18	Stress concentration around a hole in a square plate
Static-19	Simply supported square plate under a uniform pressure load
Static-20	Clamped square plate with a central concentrated load
Static-21	Twisting effect of a simply supported square plate
Static-22	Simply supported cylindrical shell
Static-23	Thin cylindrical shell under two point loads
Static-24	Hemispherical shell under concentrated loads
Static-25	Thick cylinder subjected to an internal pressure load
Static-26	2-D plane structure with an inclined support
Static-27	Plane truss subjected to various static loads
Static-28	Prestressed beam subjected to the uniformly distributed load
Static-29	Plane curved bar subjected to an out-of-plane load
Static-30	Solid cantilever beam subjected to shear force and bending moment
Static-31	Elliptic membrane under uniformly distributed load
Static-32	Tapered plate (beam) under static load
Static-33	Twisted beam under tip shear loads
Static-34	Pinched thin-walled cylinder
Static-35	Bending of a curved thick beam of a rectangular cross section
Static-36	Cantilever bar of z-cross section torsion
Static-37	Twisted solid cantilever beam subjected to in-plane and out-of-plane shear forces
Static-38	Curved solid beam loaded in its plane
Static-39	Long thick-walled cylinder subjected to internal pressure load
Static-40	A thin cylinder subjected to a uniform axial loading
Static-41	A circular slab subjected to a pressure load
Static-42	A bi-articulated slim arch
Static-43	Stretching of an orthotropic solid
Static-44	Circular plate under edge pressure and point load
Static-45	Circular clamped plate under normal pressure
Static-46	Simply supported composite beam
Static-47	Built in beam thermal stress

**Material Nonlinear Analysis**

MNL-1	3-D, 2-story steel frame pushover analysis
MNL-2	Plane strain plasticity
MNL-3	Plane stress plasticity
MNL-4	Solid plasticity

**Geometric Nonlinear Analysis**

GNL-1	Geometric nonlinear analysis of a high arch structure
GNL-2	Stress analysis of a cable net structure
GNL-3	Buckling/post-buckling analysis of a truss structure (snap through)
GNL-4	Geometrical nonlinear analysis of a cantilever beam subjected to an end force
GNL-5	Snap-through
GNL-6	Snap-back
GNL-7	Static large displacement analysis of a tower cable
GNL-8	Static large displacement analysis of a cable supporting hanging loads
GNL-9	Static large displacement analysis of a curved cantilever beam under free end load
GNL-10	Geometrical nonlinear analysis of a cantilever beam subjected to an end moment

**P-Delta Analysis**

PDelta-1	P-Delta effect analysis of the beam
PDelta-2	P-Delta effect analysis for three planar columns
PDelta-3	P-Delta effect analysis of a portal frame

**Thermal Stress Analysis**

TS-1	Analysis of a structure due to temperature change
TS-2	Structure under a temperature gradient force

**Eigenvalue Analysis**

Eigen-1	Eigenvalue analysis of a two DOF system
Eigen-2	Simple beam with a lumped mass supported on two springs
Eigen-3	Eigenvalue analysis of a shaft with three disks
Eigen-4	Eigenvalue analysis of a simple supported shaft
Eigen-5	Eigenvalue analysis of a cantilever
Eigen-6	Eigenvalue analysis of a cantilever plate
Eigen-7	Behavior of a cantilever under concentrated loads at the free end
Eigen-8	3-D single story frame structure
Eigen-9	Eigenvalue and static analysis of a 5-level pyramid building under a lateral loads
Eigen-10	Eigenvalue analysis of a skewed cantilever plate
Eigen-11	Eigenvalue analysis of a thin simply supported rectangular plate
Eigen-12	Fundamental frequency of a simply supported beam
Eigen-13	Eigenvalue analysis of cantilever cylindrical vault
Eigen-14	Eigenvalue analysis of a simply supported solid square plate
Eigen-15	Eigenvalue analysis of simply supported thin annular plate
Eigen-16	Free vibration analysis of a cable net structure
Eigen-17	Eigenvalue analysis of a slim circular ring fixed by 2 points

**Response Spectrum Analysis**

RS-1	Dynamic response spectrum analysis of a 2-D, 3-story plane frame
RS-2	2-D 7-story frame building under static and dynamic loads
RS-3	3-D, 2-story unsymmetric structure
RS-4	3-D, 2-story frame structure
RS-5	25-story linked triple tower building

**Linear Time History Analysis**

TH-1	Transient response to a step excitation
TH-2	Simply supported beam subjected to dynamic loads
TH-3	Simply supported beam subjected to a traveling dynamic load
TH-4	Dynamic modal response for 2-D rigid frame
TH-5	Tower structure under a harmonic exciting force

**Boundary Nonlinear Analysis**

BNL-1	Nonlinear analysis for a structure partially consisted of tension only elements
BNL-2	Analysis of a structure with nonlinear elements
BNL-3	Boundary nonlinear time history analysis

**Buckling Analysis**

Buckling-1	Buckling analysis of column
Buckling-2	3-Member Frame

**Heat of Hydration Analysis**

Hydration-1	Heat of hydration analysis of a quarter of a rectangular model
-------------	--

**Time Dependent Material Analysis**

TDM-1	Tendon prestressing loss by friction, slip and relaxation
TDM 2	Creep & shrinkage analysis of a beam

**Moving Load Analysis**

ML-1	Continuous 2-span bridge subjected to a moving load
ML-2	Rahmen(plate-frame) bridge subjected to a moving load

**Load Factor Optimization Analysis**

LFO-1	Tensile forces of cable members in a cable stayed bridge
LFO-2	Long span beam with leveling forces

Di seguito, a titolo esemplificativo, viene proposto un esempio di validazione.

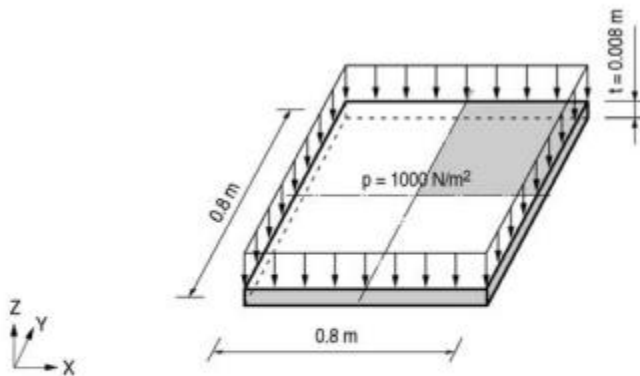
## Static-19

### Title

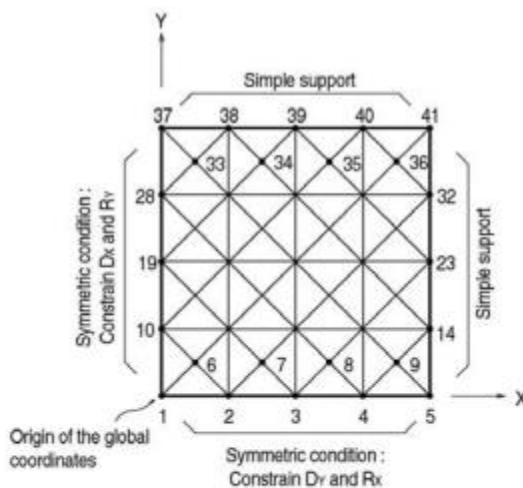
Simply supported square plate under a uniform pressure load

### Description

Calculate the vertical displacements of a square plate under a uniform pressure load. Only a quarter model may be analyzed due to symmetry.



(a) Simply supported along four edges



(b) Quarter model

*Structural geometry and analysis model*

## Model

### Analysis Type

3-D static analysis

### Unit System

m, N

### Dimension

Length 0.4 m Width 0.4 m

### Element

Plate element (Thick type)

### Material

Modulus of elasticity  $E = 2.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$

Poisson's ratio  $\nu = 0.3$

### Element Property

Triangular base  $\times$  Height =  $0.1 \times 0.05$

Thickness  $t = 0.008 \text{ m}$

### Boundary Condition

Nodes 1 ~ 5 ; Constrain Dy and Rx . (Symmetric about X-axis)

Nodes 1, 10, 19, 26 and 37 ; Constrain Dx and Ry. (Symmetric about Y-axis)

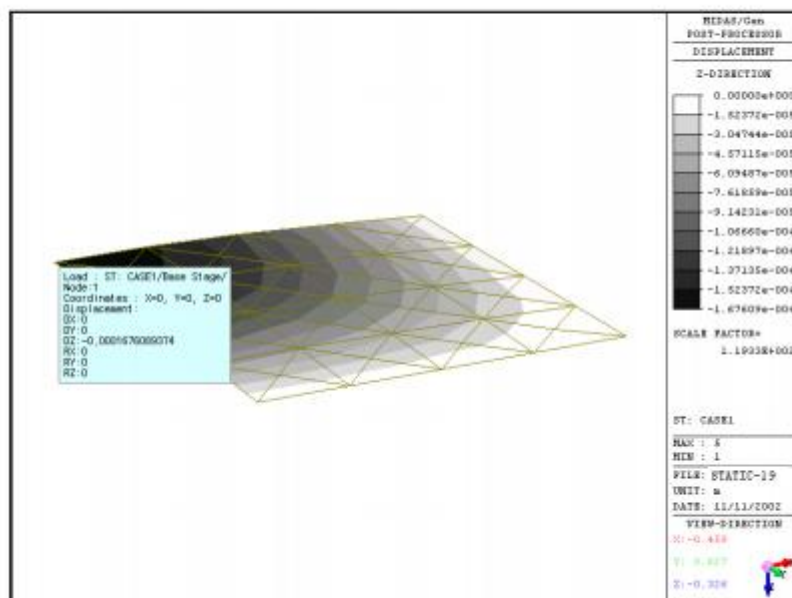
Nodes 37 ~ 41 ; Constrain Dz and Ry. (Simple supports)

Nodes 5, 14, 23, 32 and 41 ; Constrain Dz and Rx. (Simple supports)

### Load Case

A pressure load,  $1000 \text{ N/m}^2$  is applied in the -Z direction.

## Results



Z-displacements of the structure (Node 1)



## Comparison of Results

Node I	Theoretical	ADINA	Unit : m
			MIDAS/Gen
Z-displacement ( $\delta_z$ )	$1.689 \times 10^{-4}$	$1.675 \times 10^{-4}$	$1.676 \times 10^{-4}$

## References

Timoshenko, S. P., and Woinowsky-Krieger, S., *“Theory of Plates and Shells”*, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1959.

*“ADINA, Verification Manual - Linear Problems”*, Version 6.1, ADINA R&D, Inc, 1992, Example A. 27.

### 23.8) Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.

In aggiunta a quanto esposto nei paragrafi precedenti sono stati accertati che i risultati delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati alla struttura. Inoltre, attraverso l'utilizzo delle formulazioni ricavate dalla Scienza delle Costruzioni su schemi piani, sono stati effettuati controlli su combinazione elementari, per verificarne la loro validità. Lo stesso discorso è valido per le deformazioni.

Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili. Dunque, il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinati risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confrontati anche con la propria esperienza personale.