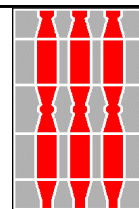




REGIONE UMBRIA
COMUNE DI ARNONE
Provincia di Terni (TR)





PROGETTO ESECUTIVO

LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE DI SPAZI APERTI IN VIA MARCONI CON CREAZIONE DI NUOVI LUOGHI DI AGGREGAZIONE, AUMENTO DEL CONFORT URBANO, FRUIBILITÀ DEGLI SPAZI PUBBLICI, SICUREZZA DEGLI SPAZI PUBBLICI, RISPETTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI, PROMOZIONE DELLE RELAZIONI SOCIALI E RICREAZIONE ALL'APERTO - VIABILITÀ VIA MARCONI COMUNE DI ARNONE, IN ATTUAZIONE AL PIANO NAZIONALE PER GLI INVESTIMENTI COMPLEMENTARI AL PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA - PNRR

Relazione tecnica e di calcolo pensilina autobus

N. ELAB.	COMM.	FASE	DOC.	SCALA	REV.	FILE
06	422	E	DRS02	-	00	422EDRS0200

Stazione appaltante: Comune di Arrone		Coordinamento e progettazione:			
Responsabile unico del procedimento: Geom. Roberto Massarini		 E.A. Group S.r.l. Progettazione opere stradali e impiantistiche:			
		 E.A. Group S.r.l.			
0	GIUGNO 2022	EMISSIONE	-	-	-
REVISIONE	DATA	OGGETTO	REDATTO	VERIFICATO	AUTORIZZATO

RELAZIONE DI CALCOLO

PENSILINA METALLICA “TIPO ONE”

Carico neve max: $s_k=1.5 \text{ KN/mq}$ ($150 \times 0.8=120 \text{ daN/mq}$)

Carico vento max: $v_{ref.} = 30 \text{ m/s}$

COMMITTENTE: **METALCO SRL**
via della Fornace, 44
31023 Castelminio di Resana (TV), Italy
P.IVA 04299810269

Versione rev.0 del 23.09.2019

il Tecnico progettista



Relazione

Sommario

ANALISI DEI CARICHI.....	3
CRITERI DI MODELLAZIONE STRUTTURALE	6
RIFERIMENTI NORMATIVI.....	6
CARATTERISTICHE DEI MATERIALI:.....	7
CRITERI PER LA MISURA DELLA SICUREZZA E COMBINAZIONE DELLE AZIONI	8
METODOLOGIE DI CALCOLO E STRUMENTI UTILIZZATI.....	9
PROPRIETA' DEL MODELLO STRUTTURALE	9
VERIFICA PANNELLI DI TAMPONAMENTO IN VETRO (UNI7143/72)	12
VERIFICA PANNELLI VERTICALI IN PMMA (polimetilmetacrilato)	13
DATI CARATTERISTICI DEL MODELLO STRUTTURALE	14
PRESENTAZIONE DEI RISULTATI.....	22
VERIFICA SEZIONE IN ALLUMINIO	26
VERIFICA SEZIONE GRONDAIA.....	30
VERIFICA CENTINA	31
VERIFICA SISTEMA DI FISSAGGIO SU SUPPORTO IN C.A.	35
VERIFICA FONDAZIONI.....	37
VALIDAZIONE DEI RISULTATI E DEL CODICE DI CALCOLO	39

ANALISI DEI CARICHI

Carichi permanenti

Il carico permanente è costituito da un pannello di copertura del peso di 5 daN/mq

Carichi da neve

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

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 :

Zona :

Altitudine :

Valore caratteristico neve al suolo : $q_{sk} = 1.5 \text{ kN/m}^2$

Coefficiente di esposizione C_E : 1 (Normale)

Coefficiente termico C_t : 1

Tipo di copertura: a due falde ($\alpha_1 = 26^\circ$, $\alpha_2 = 26^\circ$)

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 α .

Per il caso di carico da neve senza vento si deve considerare la condizione denominata *Caso I* nella figura a lato.

Per il caso di carico da neve con vento si deve considerare la peggiore tra le condizioni denominate *Caso II* e *Caso III*

Carico da neve :

$$q_s(\mu_1(\alpha_1)) = 1.2 \text{ kN/m}^2 \quad [\mu_1(\alpha_1) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_1(\alpha_2)) = 1.2 \text{ kN/m}^2 \quad [\mu_1(\alpha_2) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_1=0.8) = 1.2 \text{ kN/m}^2$$

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:

Zona: 1

Altitudine: 66 m s.l.m

Tempo di ritorno T_r : 50 anni;

Velocità di riferimento $v_b(T_r)$: 25 m/s **SI ADOTTA 30 m/s**

Pressione cinetica di riferimento q_b : 562.5 N/m²

Altezza della costruzione z : 2.5 m (z_{min} : 5m)

Distanza dalla costa: Terra, tra 10 e 40 km dalla costa

Classe di rugosità del terreno: B

Categoria di esposizione del sito: III

Coefficiente topografico c_t : 1

Coefficiente dinamico c_d : 1

Coefficiente di esposizione $c_e(z)$:

$$c_e(z = 3\text{ m}) = c_e(z_{min} = 5\text{ m}) = 1.71$$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = 1.02$

$$p(z = 3\text{ m}) = p(z_{min} = 5\text{ m}) = 980\text{ N/m}^2$$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = 1.2$

$$p(z = 3\text{ m}) = p(z_{min} = 5\text{ m}) = 1150\text{ N/m}^2$$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = 1.3$

$$p(z = 3\text{ m}) = p(z_{min} = 5\text{ m}) = 1250\text{ N/m}^2$$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = 0.1$

$$p(z = 3\text{ m}) = p(z_{min} = 5\text{ m}) = 100\text{ N/m}^2$$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = 0.28$

$$p(z = 3\text{ m}) = p(z_{min} = 5\text{ m}) = 270\text{ N/m}^2$$

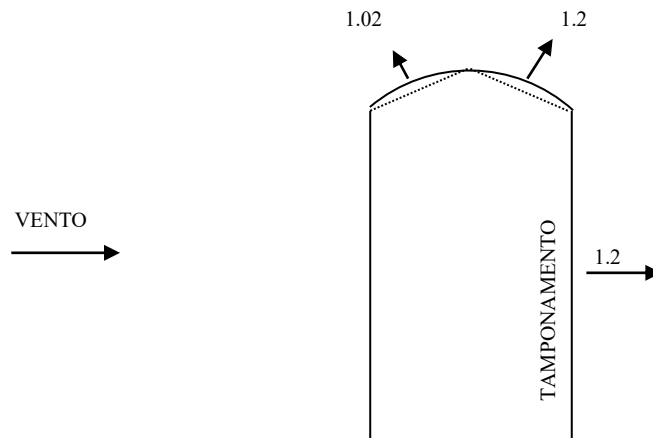
Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = 1$

$$p(z = 3\text{ m}) = p(z_{min} = 5\text{ m}) = 960\text{ N/m}^2$$

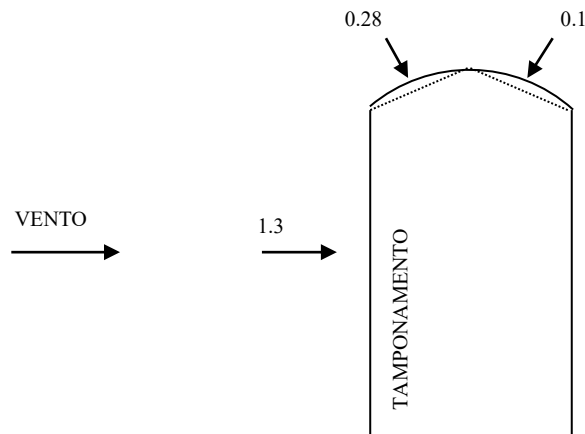
Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = 0.2$

$$p(z = 3\text{ m}) = p(z_{min} = 5\text{ m}) = 200\text{ N/m}^2$$

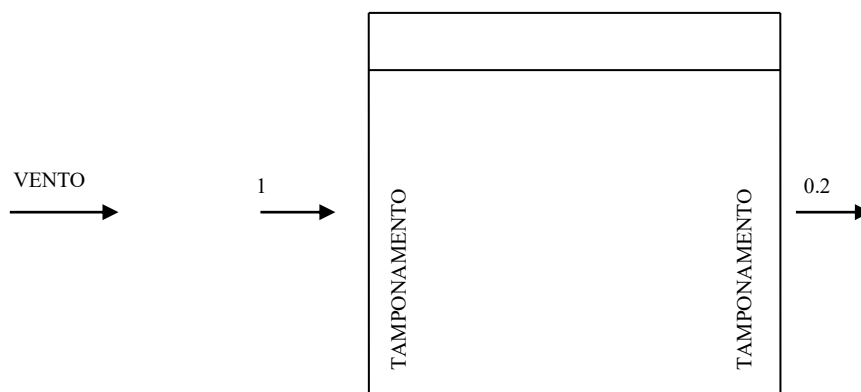
Relazione



VALORI E DIREZIONI COEFF. C_p



VALORI E DIREZIONI COEFF. C_p



VALORI E DIREZIONI COEFF. C_p

Carichi sismici

Sono stati applicati secondo normativa. I dati caratteristici della zona sismica sono riportati nelle informazioni generali del tabulato di calcolo. Le verifiche sono state eseguite seguendo il criterio degli stati limite applicando le sollecitazioni ricavate attraverso un'analisi sismica equivalente.

CRITERI DI MODELLAZIONE STRUTTURALE

E' stata impiegata un'analisi STATICA EQUIVALENTE in campo lineare. Agli effetti del dimensionamento è stato quindi impiegato il metodo degli stati limite.

RIFERIMENTI NORMATIVI

• STRUTTURA

Legge 5 novembre 1971 N. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.

Circolare Ministero dei lavori Pubblici 14 Febbraio 1974, N.11951 - "Applicazione delle norme sul cemento armato".

C.N.R. - UNI 10011-97 - "Costruzioni di acciaio: Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione".

OPCM 3274 d.d. 20/03/2003 - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", e successive modifiche e integrazioni (OPCM 3431 03/05/05).

Circ. Min. LL.PP. 24 Giugno 1993 - "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".

Norme tecniche per le Costruzioni – D.M. 17/01/2018

Strutture in Alluminio – Istruzioni CNR DT208 2011 – Raccomandazioni basate su Eurocodice 9

• CARICHI E SOVRACCARICHI

D.M. 16 gennaio 1996 – Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi

Circ. MIN.LL.PP. N.156AA.GG./STC del 4 luglio 1996 – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 16 gennaio 1996.

D.M. 16.1.1996 - Norme tecniche relative alle costruzioni in zone sismiche.

Circ. Min. LL.PP. 10.4.1997, n. 65 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative alle costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16 gennaio 1996.

Norme tecniche per le Costruzioni – D.M. 17/01/2018.

• TERRENI E FONDAZIONI

D.M. 11 marzo 1988 – Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Circ. MIN.LL.PP. N.30483 del 24 settembre 1988 - Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre.

• VARIE

Circ. Min. LL.PP. 1.9.1987 n.29010 - Controllo dei materiali in genere e degli acciai per c.a.n. in particolare.

Decreto presidente della repubblica 12 agosto 1982, n. 802 e relative istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche di cui al decreto ministero lavori pubblici 12/2/1982 - Attuazione della direttiva CEE n. 80/181 relativa alle unità di misura.

Norma Europea ENV206 - Calcestruzzo - Prestazioni, produzione, getto e criteri di conformità.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI:

• ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

Proprietà dei materiali per la fase di analisi strutturale

Modulo Elastico: $2.100.000 \text{ kg/cm}^2$ (206.010 N/mm^2)

Coefficiente di Poisson: 0.3

Caratteristiche minime dei materiali

	Fe 360B S235
tensione di rottura	360 N/mm^2 3670 kg/cm^2
tensione di snervamento	235 N/mm^2 2396 kg/cm^2
tensione ammissibile per elementi di spessore < 40mm	160 N/mm^2 1630 kg/cm^2
tensione ammissibile per elementi di spessore > 40mm	140 N/mm^2 1427 kg/cm^2
tensione ammissibile per elementi di spessore < 40mm soggetti a ad azioni inerziali	180 N/mm^2 1835 kg/cm^2
tensione ammissibile per elementi di spessore > 40mm soggetti ad azioni inerziali	157 N/mm^2 1605 kg/cm^2

Bulloneria

Nelle unioni con bulloni si assumono le seguenti resistenze di calcolo:

STATO DI TENSIONE					
CLASSE VITE	f_t (N/mm^2)	f_y (N/mm^2)	$f_{k,N}$ (N/mm^2)	$f_{d,N}$ (N/mm^2)	$f_{d,V}$ (N/mm^2)
8.8	800	640	560	560	396

legenda:

$f_{k,N}$ è assunto pari al minore dei due valori $f_{k,N} = 0.7 f_t$ ($f_{k,N} = 0.6 f_t$ per viti di classe

6.8)

$f_{k,N} = f_y$ essendo f_t ed f_y le tensioni di rottura e di snervamento

$f_{d,N} = f_{k,N}$ = resistenza di calcolo a trazione

$f_{d,V} = f_{k,N} / \sqrt{2}$ = resistenza di calcolo a taglio

Relazione

Saldature

Su tutte le saldature è stato eseguito un controllo visivo e dimensionale.

- **ALLUMINIO 6060 T5 estruso $t < 5\text{mm}$ (tab. I 1.4 – Racc. CNR – pg.51)**

$f_o = 1200 \text{ daN/cm}^2$

$f_u = 1600 \text{ daN/cm}^2$

CRITERI PER LA MISURA DELLA SICUREZZA E COMBINAZIONE DELLE AZIONI

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, allo stato limite di esercizio.

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.

In sede di dimensionamento vengono analizzate tutte le combinazioni, 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).

Oltre all'impostazione spaziale delle situazioni di carico potenzialmente più critiche, in sede di dimensionamento vengono ulteriormente valutate, le deformazioni in luce degli elementi.

METODOLOGIE DI CALCOLO E STRUMENTI UTILIZZATI

L'analisi di tipo numerico è stata realizzata mediante il programma di calcolo MasterSap, prodotto da Studio Software AMV di Ronchi dei Legionari (Gorizia). Registrato a nome di: Cancian ing. Gianluigi Licenza n° T16005.

E' stato utilizzata un'analisi lineare **STATICA EQUIVALENTE** nel rispetto delle norme indicate in precedenza. Le procedure di verifica adottate seguono il metodo di calcolo degli **stati limite ultimo/esercizio** secondo quanto previsto dal DM 17.01.2018, Norme Tecniche per le Costruzioni.

PROPRIETA' DEL MODELLO STRUTTURALE

Diamo una breve descrizione delle simbologie adottate da MasterSap.

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. 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.

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.

Il Corpo rigido prescrive che il nodo slave fa parte di un corpo rigido e tutti e sei i suoi gradi di libertà sono legati ai sei gradi di libertà posseduti dal corpo rigido (i gradi di libertà del suo nodo master).

I 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.

LE 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:

- Rettangolare piena (Rp);
- Rettangolare cava (Rc);
- Circolare piena (Cp);
- Circolare cava (Cc);
- T (T.);
- T rovescia (Tr);

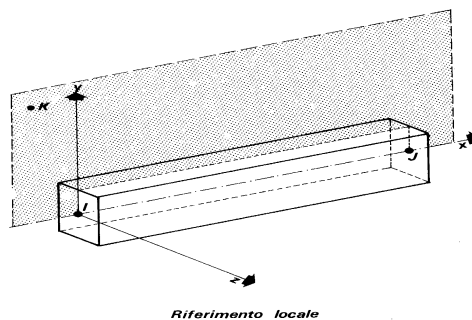
Relazione

- L (L.);
- C (C.);
- C rovescia (Cr);
- Cassone (Ca);
- Profilo singolo (Ps);
- Profilo doppio (Pd);
- Generica (Ge).

I CARICHI

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.



GLI ELEMENTI FINITI

La struttura può essere suddivisa in sottostrutture, chiamate gruppi.

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 nodo geometrico facoltativo K che serve solamente a fissare univocamente la posizione degli assi locali.

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:

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

L'elemento frame supporta i seguenti carichi:

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

I gruppi formati da elementi del tipo trave riportano, in ordine, i numeri dei nodi iniziale (I), finale (J) e di riferimento (K), la situazione degli svincoli ai nodi I e J (indicate in legenda eventuali situazioni diverse

Relazione

dall'incastro perfetto ad entrambi i nodi), i codici dei materiali e delle sezioni, la situazione di carico nelle otto possibili condizioni A, B, C, D, E, F, G, H: se è presente un numero, esso individua il coefficiente moltiplicativo del carico corrispondente. I gruppi relativi all'elemento trave di fondazione riportano informazioni analoghe; le condizioni di carico sono limitate a due (A e B); È indicata la caratteristica del suolo, la larghezza di contatto con il terreno e il numero di suddivisioni interne. 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 rigidezza 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:

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

ELEMENTO SHELL (GUSCIO)

L'elemento shell implementa il modello del guscio piatto ortotropo nello spazio tridimensionale. E' 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 rigidezza 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 gruppo può contenere uno o più elementi (max 1999). Ogni elemento viene definito da questi parametri:

1. elemento numero (massimo 1999 per ogni gruppo);
2. nodi di riferimento I, J, K, L;
3. spessore;
4. materiale;
5. pressioni e relative aliquote dinamiche;
6. temperatura;
7. gradiente termico;
8. carichi distribuiti e relative aliquote dinamiche.

ELEMENTO BOUNDARY (VINCOLO)

L'elemento boundary è sostanzialmente un elemento molla con rigidezza assiale in una direzione specificata e rigidezza torsionale attorno alla stessa direzione. E' utile quando si vogliono determinare le reazioni vincolari oppure quando si vogliono imporre degli spostamenti o delle rotazioni di alcuni nodi (cedimenti vincolari).

I parametri relativi ad ogni singolo vincolo sono:

1. il nodo a cui è collegato il vincolo (o i vincoli, massimo sei);
2. la traslazione imposta (L) o la rotazione imposta (radianti);
3. la rigidezza (per le traslazioni in F/L , per le rotazioni in $F \cdot L/\text{rad}$).

PREDIMENSIONAMENTO PANNELLI DI TAMPONAMENTO IN VETRO (UNI7143/72)

$$s = a \cdot \sqrt{\frac{6}{n} \cdot \frac{p}{\sigma_{amm}}}$$

VERIFICA SUL LATO CON LUCE 1.5m

LASTRE SU DUE APPOGGI

a	1,5 m	Distanza tra appoggi
n	8	Grado di vincolo
p	96 daN/m ²	Carico distribuito su pannello
sigmamm	500 daN/cm ²	Tensione ammissibile vetro TEMPERATO
s'	0,57 cm	Spessore min. vetro
s	0,85 cm	Spessore min. vetro stratificato La normativa al p.to 2.2.3.1 prevede un incremento

Nella pensilina in oggetto si adotta come tamponamento laterale un vetro stratificato con pvb minimo di 0.75mm che accoppia 2 vetri temperati di spessore 4mm ciascuno. Lo spessore totale del vetro stratificato risulta essere pari a 8,75mm maggiore di 8,5mm richiesti dalla verifica pertanto il tamponamento risulta VERIFICATO.

VERIFICA SUL LATO CON LUCE 1.05m

LASTRE SU DUE APPOGGI

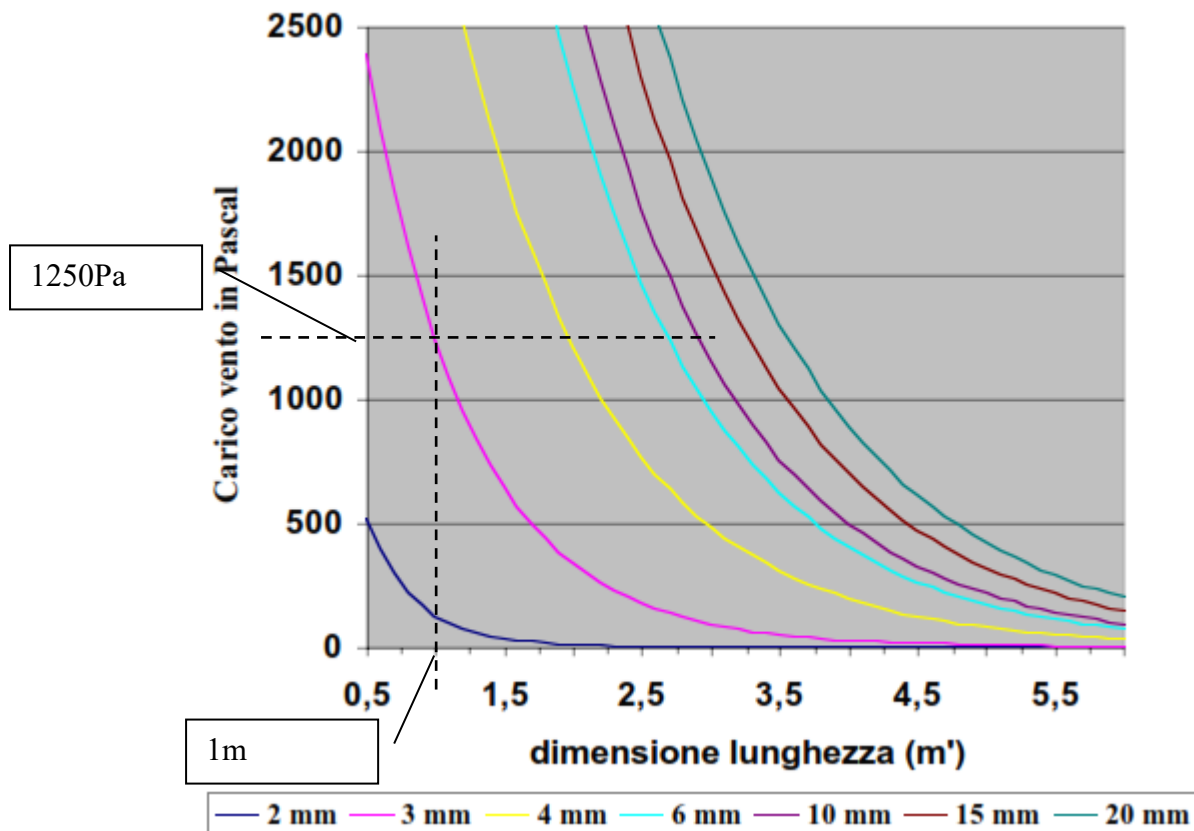
a	1,05 m	Distanza tra appoggi
n	8	Grado di vincolo
p	125 daN/m ²	Carico distribuito su pannello
sigmamm	500 daN/cm ²	Tensione ammissibile vetro TEMPERATO
s'	0,45 cm	Spessore min. vetro
s	0,68 cm	Spessore min. vetro stratificato La normativa al p.to 2.2.3.1 prevede un incremento

Nella pensilina in oggetto si adotta come tamponamento laterale un vetro stratificato con pvb minimo di 0.75mm che accoppia 2 vetri temperati di spessore 4mm ciascuno. Lo spessore totale del vetro stratificato risulta essere pari a 8,75mm maggiore di 6,8mm richiesti dalla verifica pertanto il tamponamento risulta VERIFICATO.

VERIFICA PANNELLI IN PMMA (polimetilmetacrilato)

VERIFICA TAMPONAMENTO VERTICALE

Figura 2 - Spessore consigliato



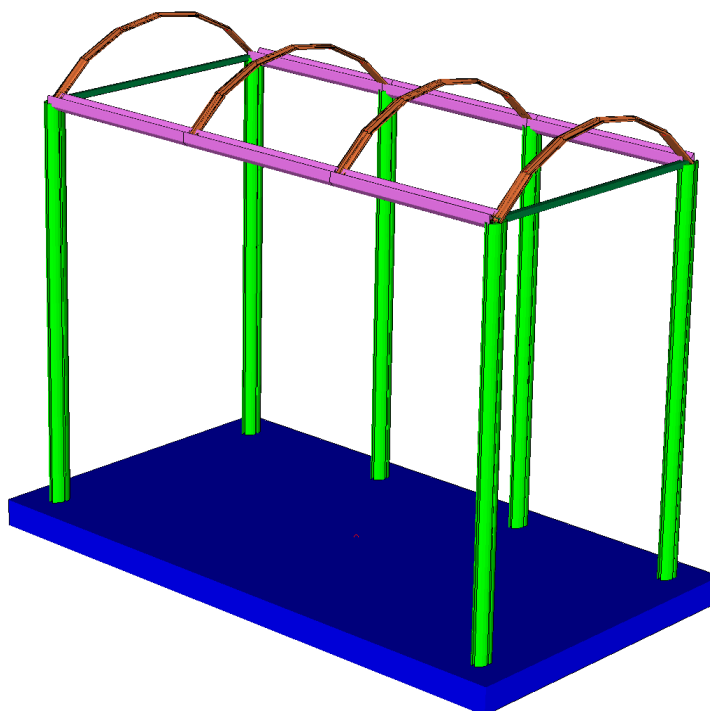
ESTRATTO MANUALE TECNICO PLAZIT

Dall'analisi dei carichi è stata calcolata una pressione del vento per superfici verticali pari a 125daN/mq equivalenti a 1225Pa, pertanto per la parete posteriore della pensilina in oggetto, avente fissaggi del pannello ad interasse di 102cm è necessario adottare un pannello in PMMA di spessore minimo 3mm. Essendo previsto un pannello di spessore 4mm la struttura si ritiene VERIFICATA.

VERIFICA TAMPONAMENTO COPERTURA

Con riferimento al grafico precedente essendo il carico neve + il peso proprio pari a 125daN/mq pari a 1250Pa, come nel caso precedente, ed essendo gli appoggi posti sempre ad interasse di 102cm il pannello in PMMA di spessore 4mm si ritiene VERIFICATO.

Relazione



MODELLO STRUTTURALE

DATI CARATTERISTICI DEL MODELLO STRUTTURALE

STAMPA DEI DATI DI PROGETTO

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro

CALCOLI

Intestazione del lavoro

Tipo di struttura

Nello Spazio

Tipo di analisi

Statica sismica equivalente

Tipo di soluzione

Lineare

Unita' di misura delle forze

kg

Unita' di misura delle lunghezze

cm

Normativa

NTC-2018

NORMATIVA

Vita nominale costruzione

50 anni

Classe d'uso costruzione

II

Vita di riferimento

50 anni

Luogo

GENERICO EQUIVALENTE A San Giovanni al Natisone

Longitudine (WGS84)

13.401

Latitudine (WGS84)

45.98

Categoria del suolo

C

Fattore topografico

1

Relazione

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag/g*S)
SLO	30	0.052	2.46	0.24	1.68	1.50	0.078
SLD	50	0.068	2.45	0.26	1.64	1.50	0.102
SLV	475	0.191	2.44	0.33	1.51	1.42	0.271
SLC	975	0.257	2.45	0.34	1.50	1.32	0.340

TR utilizzato nel progetto 475 anni
 Comportamento strutturale NON Dissipativo

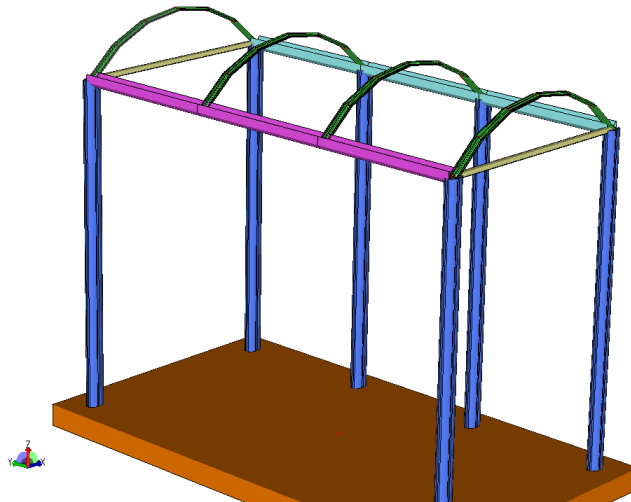
DATI SPETTRO

Eccentricita' accidentale 0%
 Periodo proprio T1 in direzione X 0.247
 Periodo proprio T1 in direzione Y 0.346
 λ 1
 Fattore q di struttura qor=1
 Sd (T1) in direzione X 0.663 g
 Sd (T1) in direzione Y 0.663 g
 Coeff.globale accelerazione sismica direz.X 0.663
 Coeff.globale accelerazione sismica direz.Y 0.663

Relazione

RIEPILOGO DELLE SEZIONI UTILIZZATE NEL MODELLO STRUTTURALE

Sezioni	
1	Profilo ycaro piccolo Ax=14.9693 Ay=0 Az=0 lx=287.015 ly=89.0875 lz=197.927 Wx=0
2	Profilo centine Ax=2.53056 Ay=0 Az=0 lx=9.23192 ly=8.64772 lz=0.584201 Wx=0 Wy=0
3	Rc B=3 H=3 s=0.15 t=0.15
4	Profilo Grondaia Ax=8.27517 Ay=0 Az=0 lx=172.642 ly=113.745 lz=58.897 Wx=0 Wy=0
5	Rp B=346 H=190
7	Profilo grondaia 4mm Ax=10.8685 Ay=0 Az=0 lx=222.193 ly=147.049 lz=75.1433 Wx=0



SEZIONI RETTANGOLARI

Codice	Base	H
5	346.000	190.000
6	70.000	95.000

SEZIONE RETTANGOLARE CAVA

Codice	B	H	s	t
3	3.000	3.000	0.150	0.150

SEZIONI GENERICHE

Codice	Ax	Ay	Az	lx	ly	lz	Descrizione
1	+1.50e+001	+0.00e+000	+0.00e+000	+2.87e+002	+8.91e+001	+1.98e+002	Profilo ycaro p
2	+2.53e+000	+0.00e+000	+0.00e+000	+9.23e+000	+8.65e+000	+5.84e-001	Profilo centine
7	+1.09e+001	+0.00e+000	+0.00e+000	+2.22e+002	+1.47e+002	+7.51e+001	Profilo grondai

CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE

Carico distribuito con riferimento globale X

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Vento+X	3	Condizione 3	Variabile: Vento	0.011500	0.000	0.011500	0.000	0.0000	0.0000
Vento-X	6	Condizione 4	Variabile: Vento	-0.012500	0.000	-0.012500	0.000	0.0000	0.0000

Carico distribuito con riferimento globale Y

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Vento+/-Y	9	Condizione 5	Variabile: Vento	0.009600	0.000	0.009600	0.000	0.0000	0.0000
Vento+/-Y 20	10	Condizione 5	Variabile: Vento	0.002000	0.000	0.002000	0.000	0.0000	0.0000

Relazione

Carico distribuito con riferimento locale y

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Vento+X cop115	4	Condizione 3	Variabile: Vento	0.011500	0.000	0.011500	0.000	0.0000	0.0000
Vento+X cop98	5	Condizione 3	Variabile: Vento	0.009800	0.000	0.009800	0.000	0.0000	0.0000
Vento-X cop10	7	Condizione 4	Variabile: Vento	-0.001000	0.000	-0.001000	0.000	0.0000	0.0000
Vento-X cop27	8	Condizione 4	Variabile: Vento	-0.002700	0.000	-0.002700	0.000	0.0000	0.0000

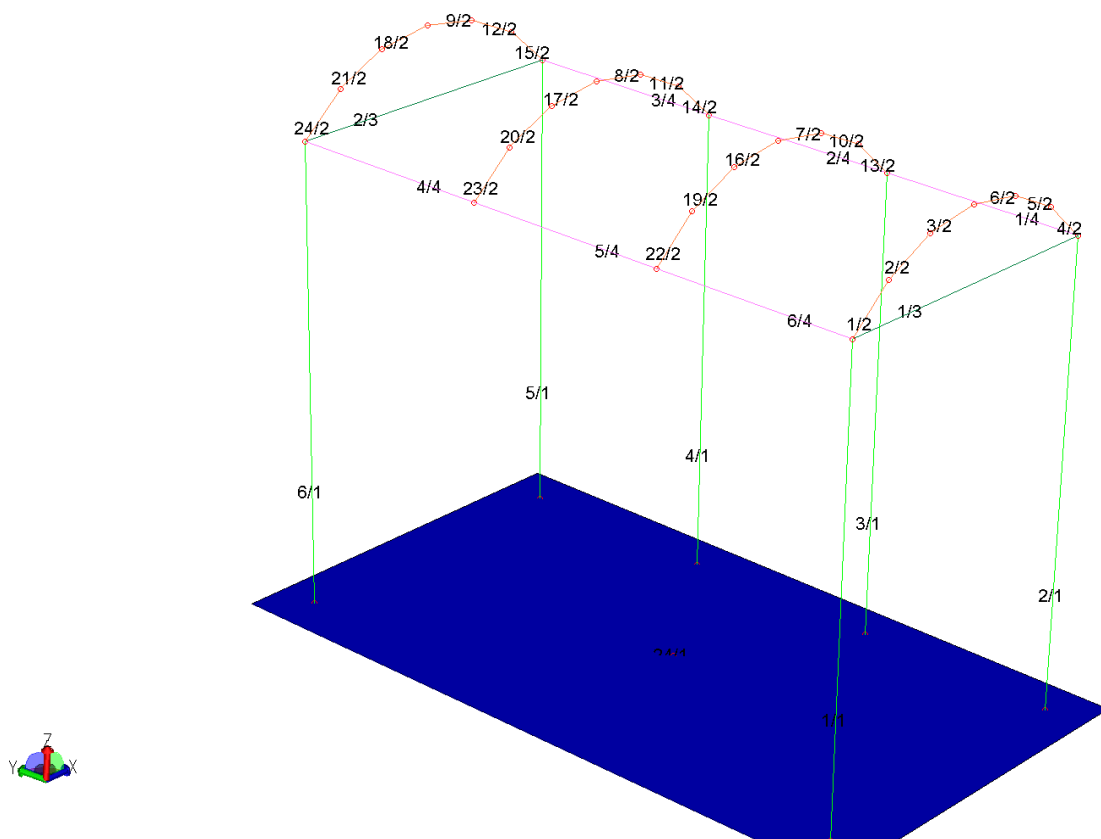
Carico distribuito con riferimento globale Z, agente sulla lunghezza reale

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist.iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Permanente	1	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.000500	0.000	-0.000500	0.000	1.0000	1.0000
Acc Neve	2	Condizione 2	Variabile: Neve	-0.012000	0.000	-0.012000	0.000	0.0000	0.0000

LISTA MATERIALI UTILIZZATI

Codice	Descrizione	Mod. elast.	Coef. Poisson	Peso unit.	Dil. term.	Aliq. inerz.	Rigid. taglio	Rigid. fless.
1	Alluminio	+7.00e+005	0.350	0.00270	+2.40e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
2	Acciaio	+2.10e+006	0.300	0.00785	+1.20e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000

GRUPPI ELEMENTO FINITO TRAVE - ELEMENTI CON CARICO APPLICATO



Relazione

GRUPPO NUMERO: 1- DESCRIZIONE: COLONNE

Asta	Carichi			
1	Codice carico	9		
	Moltiplicatore	75.00		
2	Codice carico	3	6	9
	Moltiplicatore	51.00	51.00	75.00
3	Codice carico	3	6	
	Moltiplicatore	102.00	102.00	
4	Codice carico	3	6	
	Moltiplicatore	102.00	102.00	
5	Codice carico	3	6	10
	Moltiplicatore	51.00	51.00	75.00
6	Codice carico	10		
	Moltiplicatore	75.00		

GRUPPO NUMERO: 2- DESCRIZIONE: CENTINE

Asta	Carichi				
1	Codice carico	1	2	5	8
	Moltiplicatore	51.00	51.00	51.00	51.00
2	Codice carico	1	2	5	8
	Moltiplicatore	51.00	51.00	51.00	51.00
3	Codice carico	1	2	5	8
	Moltiplicatore	51.00	51.00	51.00	51.00
4	Codice carico	1	2	4	7
	Moltiplicatore	51.00	51.00	51.00	51.00
5	Codice carico	1	2	4	7
	Moltiplicatore	51.00	51.00	51.00	51.00
6	Codice carico	1	2	4	7
	Moltiplicatore	51.00	51.00	51.00	51.00
7	Codice carico	1	2	4	7
	Moltiplicatore	102.00	102.00	102.00	102.00
8	Codice carico	1	2	4	7
	Moltiplicatore	102.00	102.00	102.00	102.00
9	Codice carico	1	2	4	7
	Moltiplicatore	51.00	51.00	51.00	51.00
10	Codice carico	1	2	4	7
	Moltiplicatore	102.00	102.00	102.00	102.00
11	Codice carico	1	2	4	7
	Moltiplicatore	102.00	102.00	102.00	102.00

Relazione

Asta		Carichi			
12	Codice carico	1	2	4	7
	Moltiplicatore	51.00	51.00	51.00	51.00
13	Codice carico	1	2	4	7
	Moltiplicatore	102.00	102.00	102.00	102.00
14	Codice carico	1	2	4	7
	Moltiplicatore	102.00	102.00	102.00	102.00
15	Codice carico	1	2	4	7
	Moltiplicatore	51.00	51.00	51.00	51.00
16	Codice carico	1	2	5	8
	Moltiplicatore	102.00	102.00	102.00	102.00
17	Codice carico	1	2	5	8
	Moltiplicatore	102.00	102.00	102.00	102.00
18	Codice carico	1	2	5	8
	Moltiplicatore	51.00	51.00	51.00	51.00
19	Codice carico	1	2	5	8
	Moltiplicatore	102.00	102.00	102.00	102.00
20	Codice carico	1	2	5	8
	Moltiplicatore	102.00	102.00	102.00	102.00
21	Codice carico	1	2	5	8
	Moltiplicatore	51.00	51.00	51.00	51.00
22	Codice carico	1	2	5	8
	Moltiplicatore	102.00	102.00	102.00	102.00
23	Codice carico	1	2	5	8
	Moltiplicatore	102.00	102.00	102.00	102.00
24	Codice carico	1	2	5	8
	Moltiplicatore	51.00	51.00	51.00	51.00

Relazione

COMBINAZIONI DI CARICO

NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI - D.M. 14/01/2008 (STATICO E SISMICO)

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	SLU STATICO SOLO P.P.	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
2	SLU P.P.+P.PER+NEVE	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.500
3	SLU P.P.+P.PER+VENTO+X	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Vento	Condizione 3	1.500
4	SLU P.P.+P.PER+VENTO-X	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Vento	Condizione 4	1.500
5	SLU P.P.+P.PER+VENTO+/-Y	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Vento	Condizione 5	1.500
6	SLU SISMA+X	Azione sismica: SISMA +X Torsione: Assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
7	SLU SISMA+Y	Azione sismica: SISMA +Y Torsione: Assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
8	SLE STATICO SOLO P.P.	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
9	SLE P.P.+P.PER+NEVE	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.000
10	SLE P.P.+P.PER+VENTO+X	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	1.000
11	SLE P.P.+P.PER+VENTO-X	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	1.000
12	SLE P.P.+P.PER+VENTO+/-Y	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	1.000

Relazione

TABELLA RIASSUNTIVA CALCOLO FORZE SISMICHE

ELEMENTO FINITO: TRAVE - GRUPPO: 1 - DESCRIZIONE: MONTANTI

Peso sismico	Coord. Z baricentrica.gruppo	Coeff.distrib. Gamma	Coeff. accel.sismica.gruppo	Forza sismica
366.785	109.000	0.839	0.556	204.068

ELEMENTO FINITO: TRAVE - GRUPPO: 2 - DESCRIZIONE: CENTINE

Peso sismico	Coord. Z baricentrica.gruppo	Coeff.distrib. Gamma	Coeff. accel.sismica.gruppo	Forza sismica
31.776	243.543	1.876	1.243	39.501

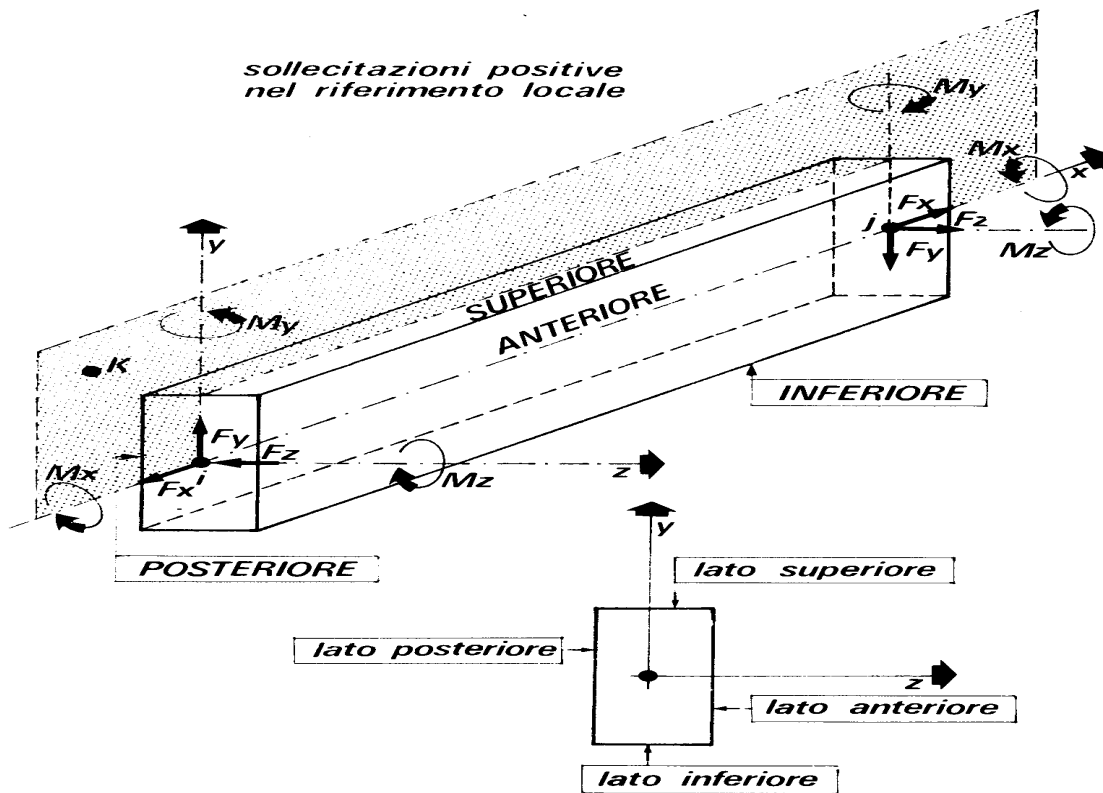
ELEMENTO FINITO: TRAVE - GRUPPO: 3 - DESCRIZIONE: GRONDAIA

Peso sismico	Coord. Z baricentrica.gruppo	Coeff.distrib. Gamma	Coeff. accel.sismica.gruppo	Forza sismica
39.756	218.000	1.679	1.113	44.237

ELEMENTO FINITO: TRAVE - GRUPPO: 4 - DESCRIZIONE: PORTA FRONTALINO

Peso sismico	Coord. Z baricentrica.gruppo	Coeff.distrib. Gamma	Coeff. accel.sismica.gruppo	Forza sismica
6.010	218.000	1.679	1.113	6.688

PRESENTAZIONE DEI RISULTATI



TRAVI, PILASTRI, SETTI 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*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 $0.9*d$, 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;

Relazione

- 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 (cm^2); si noti che tali armature sono quelle totali. La sezione di due reggistaffe contribuisce in tutti 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 2008: 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 2008 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/2008) e la sollecitazione di taglio.
- asw_{ta}, asw_{to} : in cm^2/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_{ta} e asw_{to} e dall'applicazione dei minimi di normativa.
- per i pilastri, nel caso NTC 2008, nelle colonne αM_y e αM_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

Relazione

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 pressotensionoflessione, 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 (cm^2), eventuale.

Relazione

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.

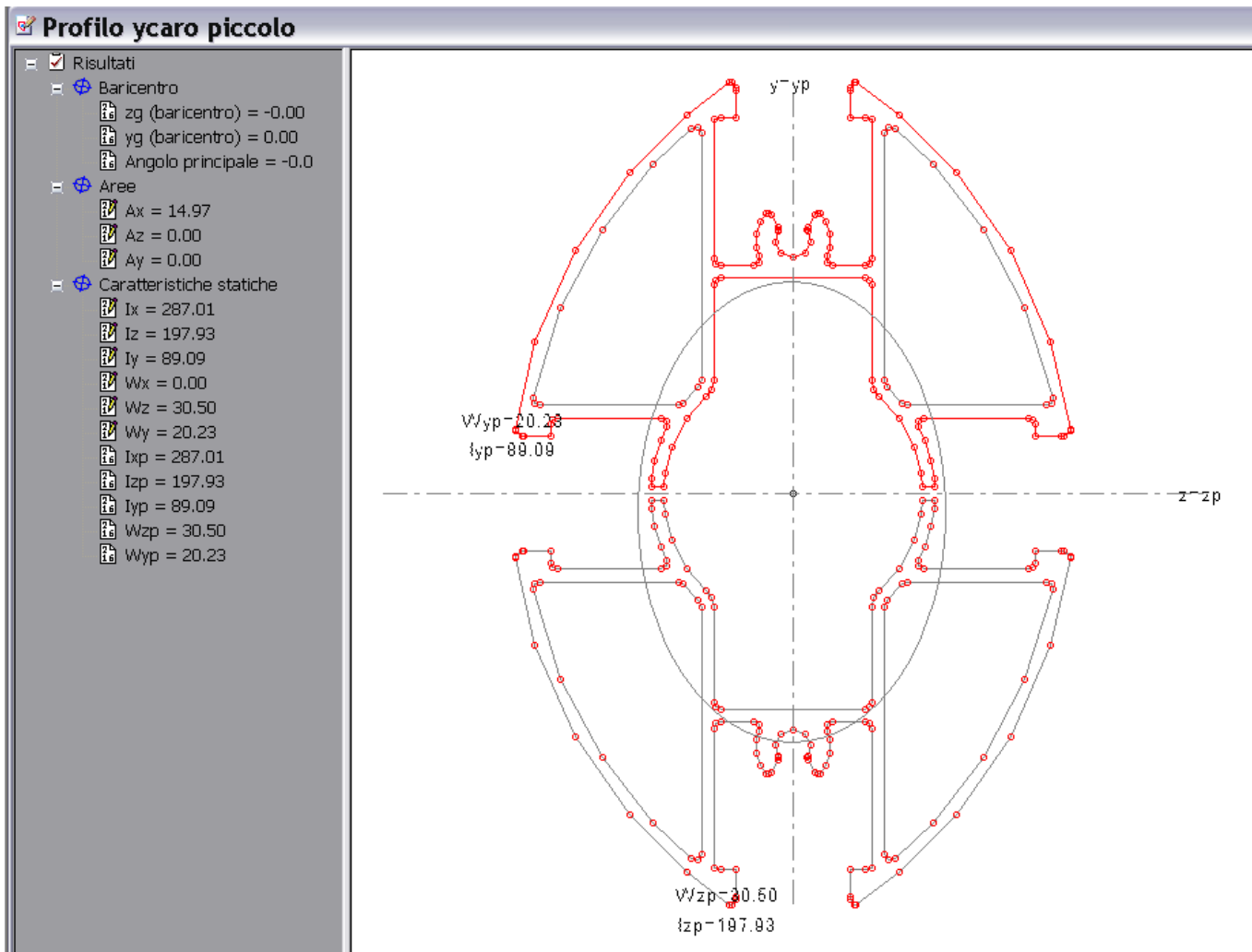
RISULTATI GERARCHIA RESISTENZE (NTC 2008)

La **stampa del taglio sismico** esegue la stampa dei risultati della specifica verifica a taglio prevista per travi e pilastri al fine del rispetto della gerarchia flessione/taglio prescritto al punto § 7.4.4.1 e 7.4.4.2 delle NTC/2008. Tale verifica, che dipende dalle armature effettivamente poste in opera, viene effettuata all'atto della creazione del disegno o di una sua modifica.

Tale stampa riporta:

- il taglio F_y/F_z riferito agli schemi aggiuntivi calcolati ed il loro inviluppo;
- l'armatura inferiore e superiore effettivamente disegnata ed individuata nel disegno al netto della lunghezza di ancoraggio;
- l'indice di resistenza a taglio: rappresenta l'indice di resistenza delle bielle compresse sollecitate a taglio e/o torsione;
- $aswta$: in cm^2/m rappresenta l'area di armatura per unità di lunghezza derivante dall'effetto del taglio qui calcolato;
- s : in cm rappresenta il passo delle staffe derivante da $Aswta$ qui calcolata;
- $M_{r.inf}$ e $M_{r.sup}$: rappresentano i momenti resistenti calcolati sulla base dell'armatura inferiore e superiore utilizzati nel calcolo del taglio negli schemi previsti. $M_{r.inf}$ rappresenta il momento resistente della sezione quando l'armatura tesa è l'inferiore, $M_{r.sup}$ è il momento resistente della sezione quando l'armatura tesa è la superiore.

VERIFICA SEZIONE IN ALLUMINIO



CARATTERISTICHE STATICHE – SEZIONE COLONNA

Relazione

CAL COLO SOLLECITAZIONI RESISTENTI SECONDO RACCOMANDAZIONI CNR

- Modulo Elastico: $E=70000 \text{ N/mm}^2$;
- Modulo di elasticità tangenziale: $G=27000 \text{ N/mm}^2$;
- Coefficiente di Poisson: $\nu=0.3$;
- Coefficiente di dilatazione termica: $\alpha=23 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$;
- Peso specifico: $\rho=2700 \text{ kg/m}^3$.

SFORZO NORMALE RESISTENTE

$$N_{u,Rd} = A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}$$

$$N_{c,Rd} = A_{eff} \cdot f_0 / \gamma_{M1}$$

Si adotta la seconda in quanto il profilo è estruso e non forato

$$A_{eff} = 15 \text{ cmq}$$

$$f_0 = 1200 \text{ daN/cm}^2$$

$$\gamma_{M1}=1.1 \text{ (vedi raccomandazioni CNR)}$$

$$N_{c,Rd} = 15 \times 1200 / 1.1 = 16363 \text{ daN}$$

- γ_{M1} , che deve essere applicato per definire le resistenze relative all'attingimento della tensione limite convenzionale elastica f_0 , corrispondente allo 0.2% di deformazione residua (ad es. nel caso dell'instabilità dell'equilibrio elastico);
- γ_{M2} , che deve essere applicato per definire le resistenze relative all'attingimento della tensione limite ultima f_u (ad es. per definire la resistenza a trazione della sezione netta o le resistenze dei bulloni e delle saldature).

Più in dettaglio, i coefficienti parziali di sicurezza γ_M agli stati limite ultimi devono assumersi come segue:

- Resistenza delle sezioni trasversali di classe 1, 2, 3 e 4: $\gamma_{M1}=1.10$
- Resistenza delle membrature all'instabilità: $\gamma_{M1}=1.10$
- Resistenza a rottura di sezioni trasversali soggette a trazione: $\gamma_{M2}=1.25$
- Resistenza delle sezioni nette in corrispondenza dei fori: $\gamma_{M2}=1.25$
- Coefficiente parziale di sicurezza del materiale per i collegamenti bullonati: $\gamma_{M2}=1.25$
- Coefficiente parziale di sicurezza del materiale per i collegamenti saldati: $\gamma_{M2}=\gamma_{Mw}=1.25$
- Coefficiente parziale di sicurezza del materiale per i dispositivi di giunzione speciale: $\gamma_{M3}=1.50$
- Coefficiente parziale di sicurezza del materiale per i

ESTRATTO RACCOMANDAZIONI CNR

Relazione

TAGLIO RESISTENTE

$$V_{Rd} = A_v \frac{f_0}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

A_v = area resistente a tagli, in questo caso assunta pari all'area effettiva = 15

$$V_{Rd} = 15 \times 1200 / (\sqrt{3} \times 1.1) = 9447 \text{ daN}$$

RESISTENZA A FLESSIONE

$$M_{c,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_0 / \gamma_{M1}$$

Nel nostro caso la classe della sezione è 3 pertanto il fattore di forma $\alpha = 1$

$$W_{elz} = 30.5 \text{ cm}^3$$

$$W_{ely} = 20.2 \text{ cm}^3$$

$$M_{c,Rdz} = 1 \times 30.5 \times 1200 / 1.1 = 33272 \text{ daNcm} = 332 \text{ daNm}$$

$$M_{c,Rdy} = 1 \times 20.2 \times 1200 / 1.1 = 22036 \text{ daNcm} = 220 \text{ daNm}$$

Relazione

INDIVIDUAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI MASSIME

ASTA NUM. 3 NI 18 NF 17 Lungh. 225.0 cm SEZ. 1 Gg

categoria: p.p. y Vento qy tot.
qy medio: 0.0000 -0.1020 -0.1020 daN/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	cm	daN			daN*m		
1	0	-28	1	-0	0	-0	-1
2	0	-184	25	0	0	0	-37
3	0	98	317	-0	0	-0	-280
4	0	-45	-348	-0	0	-0	301
5	0	18	1	-46	0	-53	-1
6	0	-22	7	-0	0	-0	-14
7	0	-13	1	-8	0	-9	-1
1	113	-22	1	-0	0	0	-0
2	113	-178	25	0	0	-0	-8
3	113	104	119	-0	0	0	-34
4	113	-39	-133	-0	0	0	31
5	113	24	1	-46	0	-1	-0
6	113	-17	7	-0	0	0	-7
7	113	-9	1	-8	0	-0	-0
1	225	-16	1	-0	0	0	1
2	225	-172	25	0	0	-0	21
3	225	110	-79	-0	0	0	-12
4	225	-33	82	-0	0	0	3
5	225	29	1	-46	0	50	1
6	225	-13	7	-0	0	0	1
7	225	-4	1	-8	0	9	1

VERIFICA

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\omega_0 \cdot N_{Rd}} \right)^{\psi} + \left[\left(\frac{M_{y,Ed}}{\omega_0 \cdot M_{y,Rd}} \right)^{1.7} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{\omega_0 \cdot M_{z,Rd}} \right)^{1.7} \right]^{0.6} \leq 1.0$$

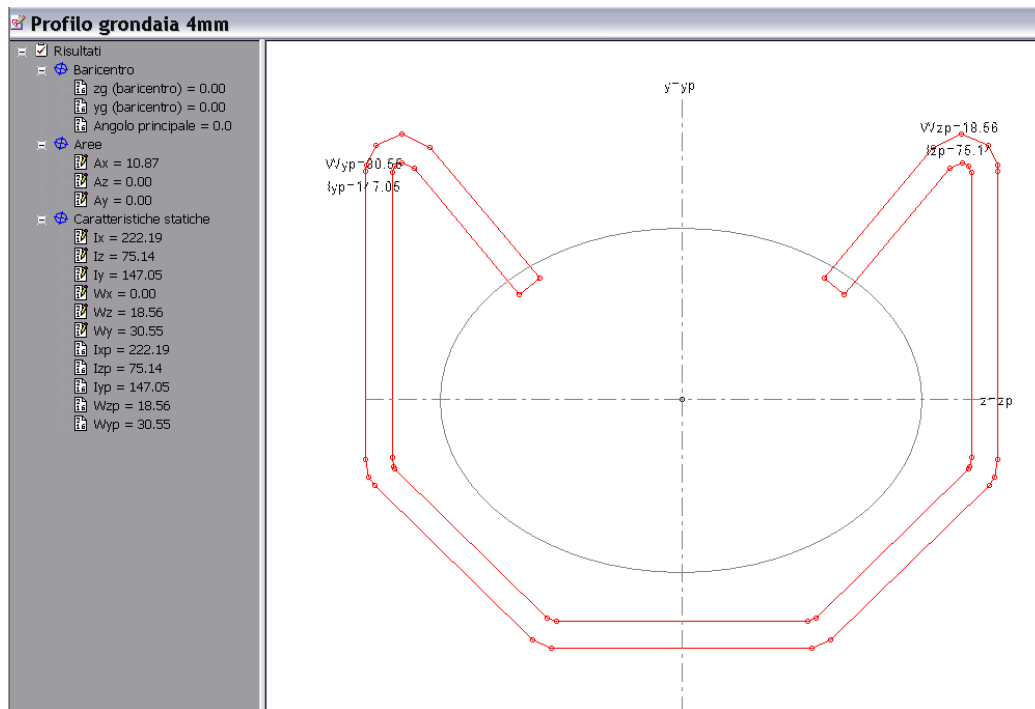
dove $\psi = 1.3$ nel caso di sezioni cave

$\omega_0 = 1.0$ per sezioni senza saldature o fori localizzati.

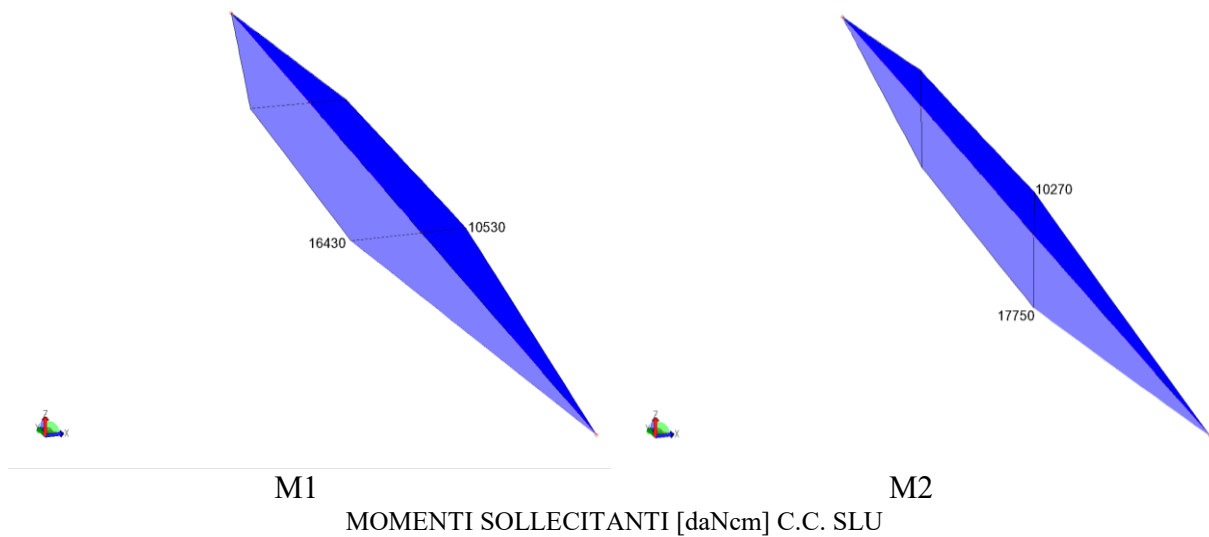
N_{ED}	98	daN
$M_{y,ED}$	0	daNm
$M_{z,ED}$	301	daNm
T_{ED}	348	daN
N_{RD}	16363	daN
$M_{y,RD}$	220	daNm
$M_{z,RD}$	332	daNm
T_{RD}	9447	daN
1 >	0,91	VERIFICAT

LA SEZIONE IN ALLUMINIO NELLA PEGGIORE DELLE IPOTESI RISULTA VERIFICATA.

VERIFICA SEZIONE GRONDAIA



CARATTERISTICHE STATICHE – SEZIONE GRONDAIA



W1 = 18.5 cmc

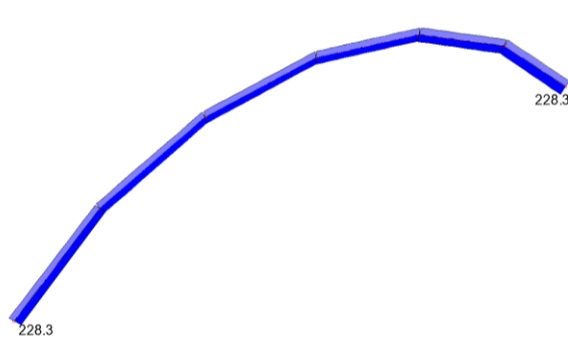
W2 = 30.5 cmc

M1 = 16430 daNcm (C.C. SLU)

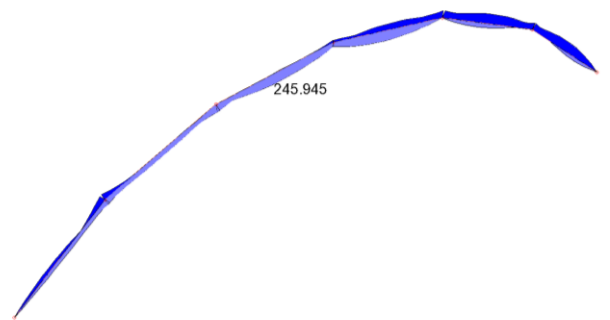
M2 = 17750 daNcm (C.C. SLU)

$f_y = 16430/18.5 + 17750/30.5 = 1470 \text{ daN/cm}^2 < 1600 \text{ daN/cm}^2$ (Tensione elastica)

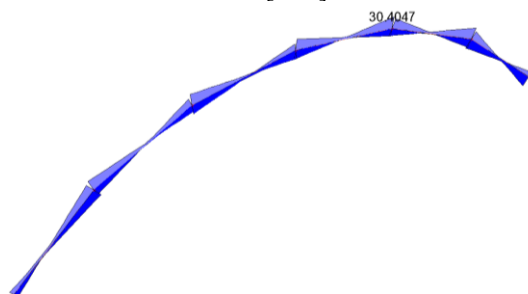
VERIFICA CENTINA



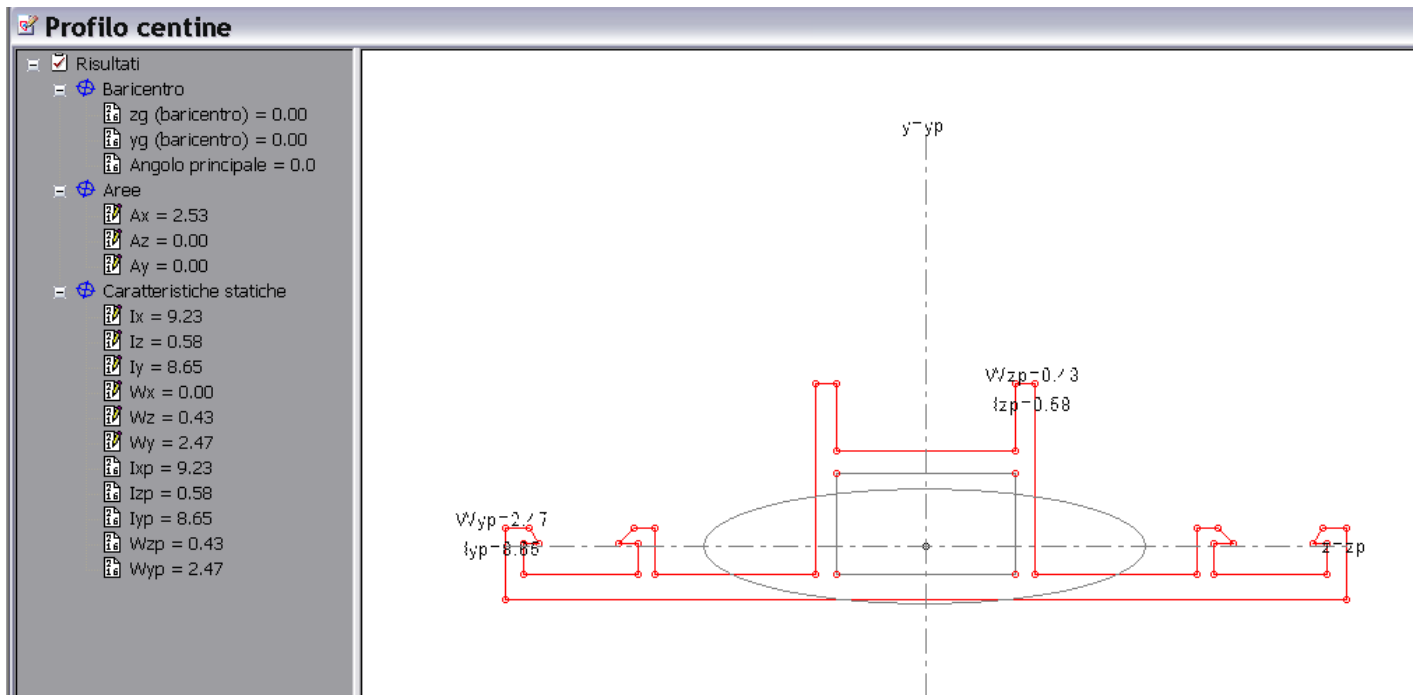
SFORZO NORMALE [daN] C.C. SLU



MOMENTO [daNm] C.C. SLU



TAGLIO [daN] C.C. SLU



Relazione

CALCOLO SOLLECITAZIONI RESISTENTI SECONDO RACCOMANDAZIONI CNR

- Modulo Elastico: $E=70000 \text{ N/mm}^2$;
- Modulo di elasticità tangenziale: $G=27000 \text{ N/mm}^2$;
- Coefficiente di Poisson: $\nu=0.3$;
- Coefficiente di dilatazione termica: $\alpha=23 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$;
- Peso specifico: $\rho=2700 \text{ kg/m}^3$.

SFORZO NORMALE RESISTENTE

$$N_{u,Rd} = A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}$$

$$N_{c,Rd} = A_{eff} \cdot f_0 / \gamma_{M1}$$

Si adotta la seconda in quanto il profilo è estruso e non forato

$$A_{eff} = 2.53 \text{ cmq}$$

$$f_0 = 1200 \text{ daN/cm}^2$$

$$\gamma_{M1} = 1.1 \text{ (vedi raccomandazioni CNR)}$$

$$N_{c,Rd} = 2.53 \times 1200 / 1.1 = 2760 \text{ daN}$$

- γ_{M1} , che deve essere applicato per definire le resistenze relative all'attingimento della tensione limite convenzionale elastica f_0 , corrispondente allo 0.2% di deformazione residua (ad es. nel caso dell'instabilità dell'equilibrio elastico);
- γ_{M2} , che deve essere applicato per definire le resistenze relative all'attingimento della tensione limite ultima f_u (ad es. per definire la resistenza a trazione della sezione netta o le resistenze dei bulloni e delle saldature).

Più in dettaglio, i coefficienti parziali di sicurezza γ_M agli stati limite ultimi devono assumersi come segue:

- Resistenza delle sezioni trasversali di classe 1, 2, 3 e 4: $\gamma_{M1}=1.10$
- Resistenza delle membrature all'instabilità: $\gamma_{M1}=1.10$
- Resistenza a rottura di sezioni trasversali soggette a trazione: $\gamma_{M2}=1.25$
- Resistenza delle sezioni nette in corrispondenza dei fori: $\gamma_{M2}=1.25$
- Coefficiente parziale di sicurezza del materiale per i collegamenti bullonati: $\gamma_{M2}=1.25$
- Coefficiente parziale di sicurezza del materiale per i collegamenti saldati: $\gamma_{M2}=\gamma_{Mw}=1.25$
- Coefficiente parziale di sicurezza del materiale per i dispositivi di giunzione speciale: $\gamma_{M3}=1.50$
- Coefficiente parziale di sicurezza del materiale per i

ESTRATTO RACCOMANDAZIONI CNR

Relazione

TAGLIO RESISTENTE

$$V_{Rd} = A_v \frac{f_0}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

A_v = area resistente a tagli, in questo caso assunta pari all'area effettiva = 2.53

$$V_{Rd} = 2.53 \times 1200 / (\sqrt{3} \times 1.1) = 1593 \text{ daN}$$

RESISTENZA A FLESSIONE

$$M_{c,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_0 / \gamma_{M1}$$

Nel nostro caso la classe della sezione è 3 pertanto il fattore di forma $\alpha = 1$

$$W_{elz} = 0.43 \text{ cm}^3$$

$$W_{ely} = 2.47 \text{ cm}^3$$

$$M_{c,Rdz} = 1 \times 0.43 \times 1200 / 1.1 = 469 \text{ daNcm} = 4.69 \text{ daNm}$$

$$M_{c,Rdy} = 1 \times 2.47 \times 1200 / 1.1 = 2694 \text{ daNcm} = 26.94 \text{ daNm}$$

Relazione

VERIFICA

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\omega_0 \cdot N_{Rd}} \right)^{\psi} + \left[\left(\frac{M_{y,Ed}}{\omega_0 \cdot M_{y,Rd}} \right)^{1.7} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{\omega_0 \cdot M_{z,Rd}} \right)^{1.7} \right]^{0.6} \leq 1.0$$

dove $\psi = 1.3$ nel caso di sezioni cave

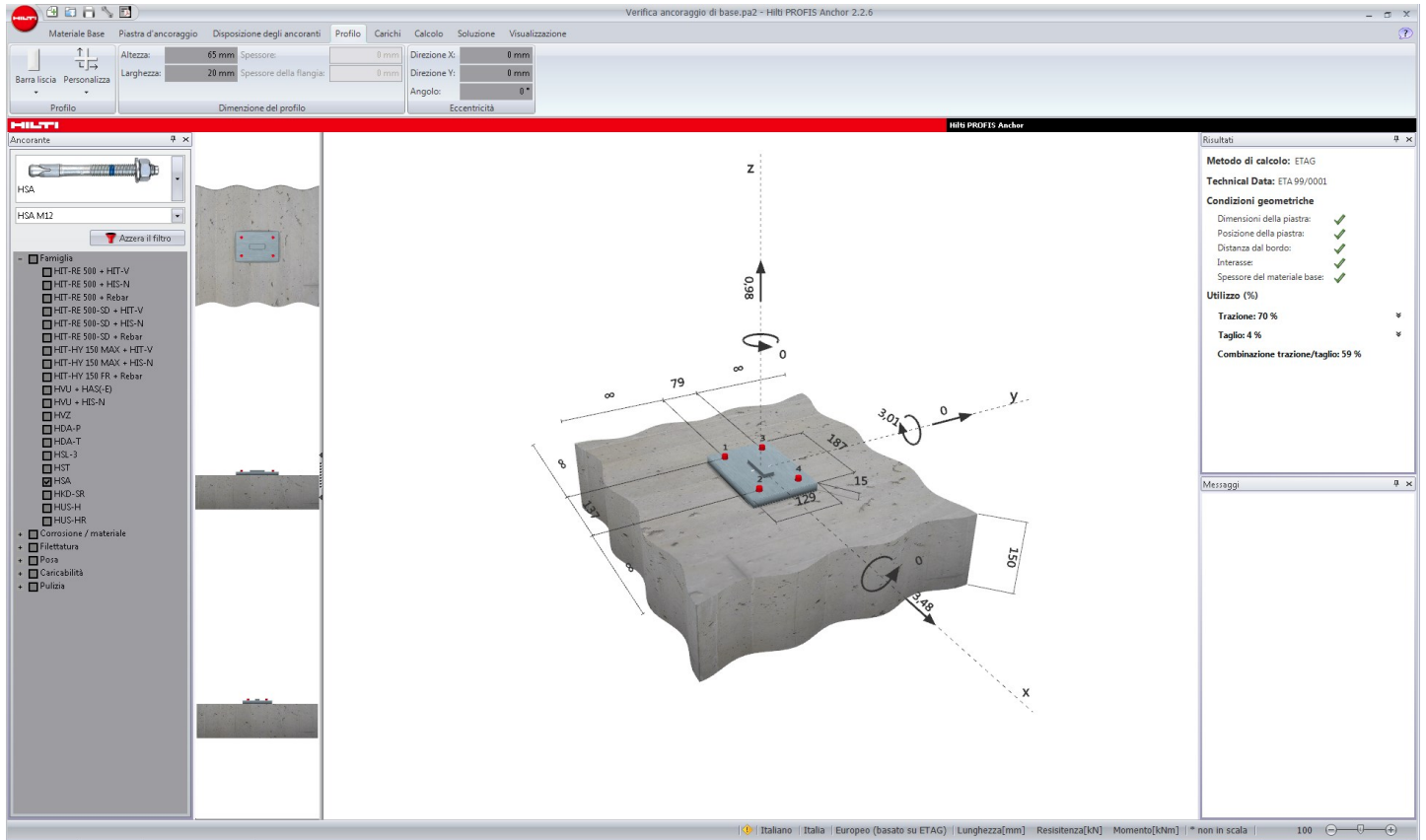
$\omega_0 = 1.0$ per sezioni senza saldature o fori localizzati.

N_{ED}	228	daN
$M_{y,ED}$	0	daNm
$M_{z,ED}$	2,46	daNm
T_{ED}	30	daN
N_{RD}	2760	daN
$M_{y,RD}$	26,94	daNm
$M_{z,RD}$	4,69	daNm
T_{RD}	1593	daN
$1 >$	0,56	VERIFICATO

LA SEZIONE IN ALLUMINIO NELLA PEGGIORE DELLE IPOTESI RISULTA VERIFICATA.

Relazione

VERIFICA SISTEMA DI FISSAGGIO SU SUPPORTO IN C.A.



VERIFICA ANCORAGGIO SU SUPPORTO IN C.A. SPESSORE 15cm

TASSELLI HILTI HSA M12

PIASTRA 129X187X15mm IN ACCIAIO TIPO S275JR

TUBO DI INNESTO COLONNA: Ø40X4 IN ACCIAIO TIPO S275JR RINFORZATA PER 10cm CON LAMA 10X100

VERIFICA LAMA IN ACCIAIO TIPO S275JR

$$W_{pl} = 1 \times 10^2 / 4 = 25 \text{ cm}^3$$

$$f_y = 2750 / 1.05 = 2619 \text{ daN/cm}^2$$

$$M_{Rd} = f_y \times W_{pl} = 2619 \times 25 = 65475 \text{ daNcm} > 30100 \text{ daNcm} \quad \text{VERIFICATO}$$

Relazione

Verifica ancoraggio di base.pa2		Profis Anchor 2.2.6	
www.hilti.it		Pagina:	1
Impresa:		Progetto:	
Progettista:		Contratto Nr.:	
Indirizzo:		Data:	30/08/2014
Telefono I Fax:			
E-mail:			

Commenti del progettista:

1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante: **HSA M12**

Profondità di posa effettiva: $h_{ef} = 70 \text{ mm}$, $h_{nom} = 95 \text{ mm}$

Materiale:

Certificazione No.: **ETA 99/0001**

Emesso I Valido: **13/03/2008 | 13/03/2013**

Verifica: **metodo di calcolo ETAG Nr. 001 Allegato C(2010)**

Fissaggio distanziato: $e_b = 0 \text{ mm}$ (Senza distanziamento); $t = 15 \text{ mm}$

Piastra d'ancoraggio: $l_x \times l_y \times t = 187 \text{ mm} \times 129 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)

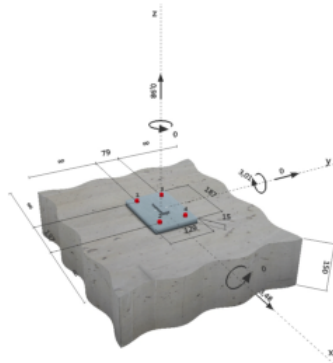
Profilo: **Barra liscia; (L x W x T) = 65 mm x 20 mm x 0 mm**

Materiale base: **non fessurato Calcestruzzo, C25/30, $f_{cc} = 30,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 150 \text{ mm}$**

Armatura: **nessuna armatura o interasse tra le armature $\geq 150 \text{ mm}$ (qualunque \emptyset) o $\geq 100 \text{ mm}$ ($\emptyset \leq 10 \text{ mm}$)
senza armatura di bordo longitudinale**



Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



2 Prova I Utilizzo (Configurazioni maggiormente caricate)

		Valori di calcolo [kN]		Utilizzo		
Carico	Verifica	carico	Resistenza	β_N / β_V [%]	stato	
Trazione	Rottura conica del calcestruzzo	20,724	29,725	70 / -	OK	
Taglio	Rottura per pryout	3,480	98,233	- / 4	OK	
Carico		β_N	β_V	α	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	stato
Carichi combinati a trazione e taglio		0,697	0,036	1,5	59	OK

3 Attenzione

- Si prega di considerare tutti i dettagli e le avvertenze contenute nel report di calcolo!

L'ancoraggio risulta verificato!

Relazione

VERIFICA FONDAZIONI

Elemento: **PLINTO** Gruppo: **1** Tabella: **Tabella plinti**
 Descrizione: **Plinto**
 Verifica in ottemperanza alle NTC2008
 Rck: **300.00** daN/cm² fyk: **4580.0** daN/cm² Copriferro: **3.0** cm Coeff. sicurezza: **3.0**
 Criterio di: **Terzaghi** Peso specifico terreno: **1900** daN/m³ Cu, coesione non drenata: **0.40** daN/cm²
 Angolo di attrito: **15.00** gradi Profondità di posa: **15.0** cm
 Coefficiente di amplificazione delle azioni sismiche: **1.10**
 ϕ armatura in direzione 'y': **8** mm Relativo passo massimo: **20** cm
 ϕ armatura in direzione 'z': **8** mm Relativo passo massimo: **20** cm

Plinto al nodo 24 Sez. Rp B= 346.00 H= 190.00 Altezza plinto= 15.00 p.p.= 2465 daN

Sollecitazioni SLU esterne agenti

N.comb	N	Fy	Fz	My	Mz
	daN		daN*m		
1	168	-0	0	0	-0
2	1106	-0	0	0	-0
3	-566	1215	-0	-0	1580
4	295	-1264	-0	-0	-1581
5	168	-0	587	648	-0
6	129	45	0	0	94
7	129	-0	45	77	-0

Verifica locale (ascisse riferite ad asse pilastro)

Ascissa	Momento flettente	Sforzo tagliante	Ainf	Asup	Indice di resistenza	
cm	comb daN*m	comb daN	- tot - passo cmq - cm	- tot - passo cmq - cm	flessione ---	taglio
y = -0	820 (3)	-1118 (4)	10.05 1d 8 / 17	9.55 1d 8 / 18	0.98	0.05
y = -0	-671 (4)	-1118 (4)	10.05 1d 8 / 17	9.55 1d 8 / 18	0.98	0.05
y = -19	611 (3)	1152 (3)	9.55 1d 8 / 18	9.05 1d 8 / 20	0.97	0.06
y = -19	-461 (4)	1152 (3)	9.55 1d 8 / 18	9.05 1d 8 / 20	0.97	0.06
y = -38	393 (3)	1121 (3)	9.05 1d 8 / 20	9.05 1d 8 / 20	0.83	0.05
y = -38	-271 (4)	1121 (3)	9.05 1d 8 / 20	9.05 1d 8 / 20	0.83	0.05
y = -57	196 (3)	919 (3)	9.05 1d 8 / 20	9.05 1d 8 / 20	0.41	0.04
y = -57	-122 (4)	919 (3)	9.05 1d 8 / 20	9.05 1d 8 / 20	0.41	0.04
y = -76	54 (3)	545 (3)	9.05 1d 8 / 20	9.05 1d 8 / 20	0.12	0.03
y = -76	-30 (4)	545 (3)	9.05 1d 8 / 20	9.05 1d 8 / 20	0.12	0.03
y = -0	899 (4)	-1576 (3)	10.05 1d 8 / 17	10.05 1d 8 / 17	0.95	0.08
y = -0	-760 (3)	-1576 (3)	10.05 1d 8 / 17	10.05 1d 8 / 17	0.95	0.08
y = 19	632 (4)	1366 (4)	9.55 1d 8 / 18	9.55 1d 8 / 18	0.89	0.07
y = 19	-487 (3)	1366 (4)	9.55 1d 8 / 18	9.55 1d 8 / 18	0.89	0.07
y = 38	387 (4)	1192 (4)	9.05 1d 8 / 20	9.05 1d 8 / 20	0.82	0.06
y = 38	-274 (3)	1192 (4)	9.05 1d 8 / 20	9.05 1d 8 / 20	0.82	0.06
y = 57	186 (4)	906 (4)	9.05 1d 8 / 20	9.05 1d 8 / 20	0.39	0.04
y = 57	-122 (3)	906 (4)	9.05 1d 8 / 20	9.05 1d 8 / 20	0.39	0.04
y = 76	50 (4)	508 (4)	9.05 1d 8 / 20	9.05 1d 8 / 20	0.11	0.02
y = 76	-30 (3)	508 (4)	9.05 1d 8 / 20	9.05 1d 8 / 20	0.11	0.02
z = -0	478 (2)	553 (2)	6.03 1d 8 / 16	5.53 1d 8 / 18	0.84	0.05
z = -0	-244 (3)	553 (2)	6.03 1d 8 / 16	5.53 1d 8 / 18	0.84	0.05
z = -35	306 (2)	442 (2)	5.53 1d 8 / 18	5.53 1d 8 / 18	0.65	0.04
z = -35	-156 (3)	442 (2)	5.53 1d 8 / 18	5.53 1d 8 / 18	0.65	0.04
z = -69	172 (2)	332 (2)	5.53 1d 8 / 18	5.53 1d 8 / 18	0.36	0.03
z = -69	-88 (3)	332 (2)	5.53 1d 8 / 18	5.53 1d 8 / 18	0.36	0.03
z = -104	79 (5)	221 (2)	5.53 1d 8 / 18	5.53 1d 8 / 18	0.17	0.02
z = -104	-39 (3)	221 (2)	5.53 1d 8 / 18	5.53 1d 8 / 18	0.17	0.02
z = -138	21 (5)	118 (5)	5.53 1d 8 / 18	5.53 1d 8 / 18	0.04	0.01
z = -138	-10 (3)	118 (5)	5.53 1d 8 / 18	5.53 1d 8 / 18	0.04	0.01
z = -0	478 (2)	553 (2)	6.03 1d 8 / 16	5.53 1d 8 / 18	0.69	0.05
z = -0	-251 (5)	553 (2)	6.03 1d 8 / 16	5.53 1d 8 / 18	0.69	0.05
z = 35	306 (2)	442 (2)	5.53 1d 8 / 18	5.53 1d 8 / 18	0.65	0.04
z = 35	-182 (5)	442 (2)	5.53 1d 8 / 18	5.53 1d 8 / 18	0.65	0.04
z = 69	172 (2)	332 (2)	5.53 1d 8 / 18	5.53 1d 8 / 18	0.36	0.03
z = 69	-114 (5)	332 (2)	5.53 1d 8 / 18	5.53 1d 8 / 18	0.36	0.03
z = 104	77 (2)	221 (2)	5.53 1d 8 / 18	5.53 1d 8 / 18	0.16	0.02
z = 104	-56 (5)	221 (2)	5.53 1d 8 / 18	5.53 1d 8 / 18	0.16	0.02
z = 138	19 (2)	111 (2)	5.53 1d 8 / 18	5.53 1d 8 / 18	0.04	0.01

Relazione

z = 138 -15 (5) 111 (2) 5.53 1d 8 / 18 5.53 1d 8 / 18 0.04 0.01

N.comb S.L.U.	q ult. daN/cm ²	q ult./R daN/cm ²	ey cm	ez cm	Fx ult. daN	I.R.	Note
1	7.19	7.19	0.0	-0.0	472960	0.01	
2	7.19	7.19	0.0	-0.0	472960	0.01	
3	7.19	3.13	-59.9	0.0	76034	0.03	
4	7.19	3.13	45.2	0.0	107880	0.03	
5	7.19	3.13	0.0	-19.2	182793	0.02	
6	7.19	3.13	-3.6	-0.0	197770	0.01	
7	7.19	3.13	0.0	-3.0	202127	0.01	

Sollecitazioni SLE esterne agenti

N.comb	N	Fy	Fz	My	Mz
	daN			daN*m	
8	129	-0	0	0	-0
9	754	-0	0	0	-0
10	-360	810	-0	-0	1053
11	214	-842	-0	-0	-1054
12	129	-0	392	432	-0

N.comb S.L.E.	q ult.	press. amm.	press.1	press.2	press.3	press.4	press.max	Note
	daN/cm ²							
8	7.19	2.40	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
9	7.19	2.40	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
10	7.19	2.40	0.09	0.09	0.00	0.00	0.09	
11	7.19	2.40	0.00	0.00	0.09	0.09	0.09	
12	7.19	2.40	0.05	0.03	0.03	0.05	0.05	

VALIDAZIONE DEI RISULTATI E DEL CODICE DI CALCOLO

Il programma di calcolo utilizzato MasterSap è idoneo a riprodurre nel modello matematico il comportamento della struttura e gli elementi finiti disponibili e utilizzati sono rappresentativi della realtà costruttiva. Le funzioni di controllo disponibili, innanzitutto quelle grafiche, consentono di verificare la riproduzione della realtà costruttiva ed accertare la corrispondenza del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate. Si evidenzia che il modello viene generato direttamente dal disegno architettonico riproducendone così fedelmente le proporzioni geometriche. In ogni caso sono stati effettuati alcuni controlli dimensionali con gli strumenti software a disposizione dell'utente. Tutte le proprietà di rilevanza strutturale (materiali, sezioni, carichi, sconnessioni, etc.) sono state controllate attraverso le funzioni di indagine specificatamente previste. Sono state sfruttate le funzioni di autodiagnostica presenti nel software che hanno accertato che non sussistono difetti formali di impostazione.

E' stato accertato che le risultanti delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati.

Sono state controllate le azioni taglianti di piano ed accertata la loro congruenza con quella ricavabile da semplici ed agevoli elaborazioni. Le sollecitazioni prodotte da alcune combinazioni di carico di prova hanno prodotto valori prossimi a quelli ricavabili adottando consolidate formulazioni ricavate della Scienza delle Costruzioni. Anche le deformazioni risultano prossime ai valori attesi. Il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinato risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confortati anche dalla propria esperienza.

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 17.01.2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore Studio Software AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito (www.amv.it) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene pertanto sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LiFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico

Relazione

delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore.

Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di *Lanczos* noto come *Thick Restarted Lanczos* ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria *LAPACK*.

L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica.

Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti 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. Il manuale di validazione è disponibile sul sito www.amv.it.

E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture.

In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un'ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente.