



DESIGN TO USERS

## Relazione strutture e fascicoli di calcolo

544 1 PE RS 01    15 Aprile 2026

Cliente    SO.GE.M.I.-S.P.A.

Progetto    Riqualificazione mercati zonali – PE ai  
sensi del D.lgs. n° 36/2023

Località    Via Montegani 33-35

Job n°    544-1

Intervento:

**STRUTTURA PORTA IMPIANTI IN COPERTURA**

## ***Relazione di calcolo delle strutture***

### **1. PREMESSA**

---

La presente relazione di calcolo riguarda la progettazione strutturale di un graticcio in profilati metallici da ancorare in copertura per l'installazione di nuovi impianti meccanici.

La struttura principale è costituita da travi in HEB 180 i cui estremi andranno vincolati in corrispondenza dei pilastri esistenti.

La struttura secondaria è costituita dai profilati IPE 160 incernierati agli estremi all'anima delle HEB 180.

## **2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

---

Le fasi di analisi e verifica della struttura verranno condotte in ambito statico lineare secondo il metodo di calcolo degli Stati Limite, in accordo alle seguenti disposizioni normative:

- Legge 5 novembre 1971 N. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica;
- Norme tecniche delle Costruzioni – D.M. 17/01/2018;
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche delle Costruzioni, Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti n° 7 21/01/2019;
- L.R. n.33 12.10.2015;
- D.G.R. n. X/5001 30.03.2016;

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

- UNI EN 1990: 2006 - Eurocodice 1 – Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI ENV 1991-1-1: 2010; -1-2; 1-3; 1-4; 1.5; 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 206:2016 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.
- Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici – “Linee Guida sul calcestruzzo strutturale” –
- Circ. MIN.LL.PP. N.11951 del 14 febbraio 1992 - Circolare illustrativa della legge N. 1086.
- D.M. 14 febbraio 1992 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche.
- Circ. MIN.LL.PP. N.37406 del 24 giugno 1993 – Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D.M. 14 febbraio 1992.
- D.M. 9 gennaio 1996 – Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- Circ. Min. LL.PP. 15.10.1996 n.252 AA.GG./S.T.C. - Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per il calcolo e l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al D.M. 09.01.1996.

#### 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.156 AA.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

### **3. DATI DI PROGETTO ED AZIONI SULLA STRUTTURA**

---

Intestazione del lavoro	MERCATI
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica
Tipo di soluzione	Lineare
Unita' di misura delle forze	daN
Unita' di misura delle lunghezze	cm

Peso stimato macchina da installare 15 kN

Carico di superficie indotto dalla macchina da installare – valori in daN/m<sup>2</sup>

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 IMPIANTO MECCANICO	1	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.035000	0.000	-0.035000	0.000	1.0000	1.0000

#### 4. 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, statiche o 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.

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.

Le azioni sismiche sono valutate in conformità a quanto stabilito dalle norme e specificato nel paragrafo sulle azioni. Vengono in particolare controllate le deformazioni allo stato limite ultimo, allo stato limite di danno e gli effetti del second'ordine.

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).

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.

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

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

$$F_d = \gamma_g G_k + \gamma_p P_k + \gamma_q \left[ Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} \psi_{0i} Q_{ik} \right]$$

dove:

- G<sub>k</sub> = valore caratteristico delle azioni permanenti
- P<sub>k</sub> = valore caratteristico della forza di precompressione
- Q<sub>1k</sub> = valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione
- Q<sub>ik</sub> = valore caratteristico dell'i-esima azione variabile
- γ<sub>g</sub> = coeff. parziale = 1.3 (1.0 se il suo contributo aumenta la sicurezza)
- γ<sub>p</sub> = coeff. parziale = 0.9 (1.2 se il suo contributo diminuisce la sicurezza)
- γ<sub>q</sub> = coeff. parziale = 1.5 (0.0 se il suo contributo aumenta la sicurezza)
- Stato Limite di Esercizio (SLE):

Le combinazioni previste per gli SLE sono le seguenti:

$F_r = G_k + P_k + Q_{1k} + \sum_i (\psi_{0i} Q_{ik})$	combinazione rara
$F_f = G_k + P_k + \psi_{11} Q_{1k} + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ik})$	combinazione frequente
$F_q = G_k + P_k + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ik})$	combinazione quasi permanente

dove:

$\psi_{1i}$  = coeff. atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattali di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;  
 $\psi_{2i}$  = coeff. atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei

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	0,0	0,0	0,0
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

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Carichi totali	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
2	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
3	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
4	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000

**Attestato dell'affidabilità del codice di calcolo e delle procedure implementate nei prodotti software AMV  
In base al paragrafo 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018 e successivi aggiornamenti).**

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore 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](http://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 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 supermodale 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. 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](http://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 autodia-gnostica. 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.

Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per l'acciaio, legno, alluminio, muratura etc. Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.

Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.

Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidezza del sistema.

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

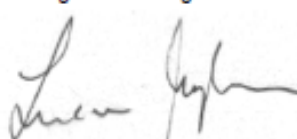
Le altre procedure di calcolo, oltre a MasterSap, seguono la medesima impostazione teorica e lo stesso procedimento di validazione.

Nei relativi manuali viene fornita una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, dei metodi e criteri usati per il dimensionamento strutturale e delle sezioni; vengono forniti esempi significativi che possono essere facilmente replicati, segnalando che si tratta spesso di procedure di calcolo e di verifica, che per loro natura, non denotano particolari complessità teoriche e concettuali.

Il rilascio di ogni nuova versione dei programmi è sottoposta a rigorosi check automatici che mettono a confronto i risultati della release in esame con quelli già validati e realizzati da versioni precedenti. Inoltre, sessioni specifiche di lavoro sono condotte da personale esperto per controllare il corretto funzionamento delle varie procedure software, con particolare riferimento a quelle che sono state oggetto di interventi manutentivi o di aggiornamento.

AMV s.r.l.

Amministratore Unico  
Ing. Luciano Migliorini



## 5. MODELLAZIONE STRUTTURALE

**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 “shell” 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 tagliante 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 e si può simulare il comportamento di elementi resistenti a sola trazione o compressione.

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.

### **Presentazione del modello strutturale e sue proprietà**

Questa parte richiede di precisare una serie di proprietà che possono essere ricavate in forma grafica direttamente da MasterSap. In particolare:

- Modelli strutturali
- Eventuali sconnessioni
- Sezioni impiegate

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);
- 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 una azione, una categoria, una condizione 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***

### **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. 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 dall'incastro perfetto ad entrambi i nodi), i codici dei materiali e delle sezioni, eventuali offset strutturali o conci rigidi applicati. Un'ulteriore tabella riporta anche eventuali valori di offset architettonici.

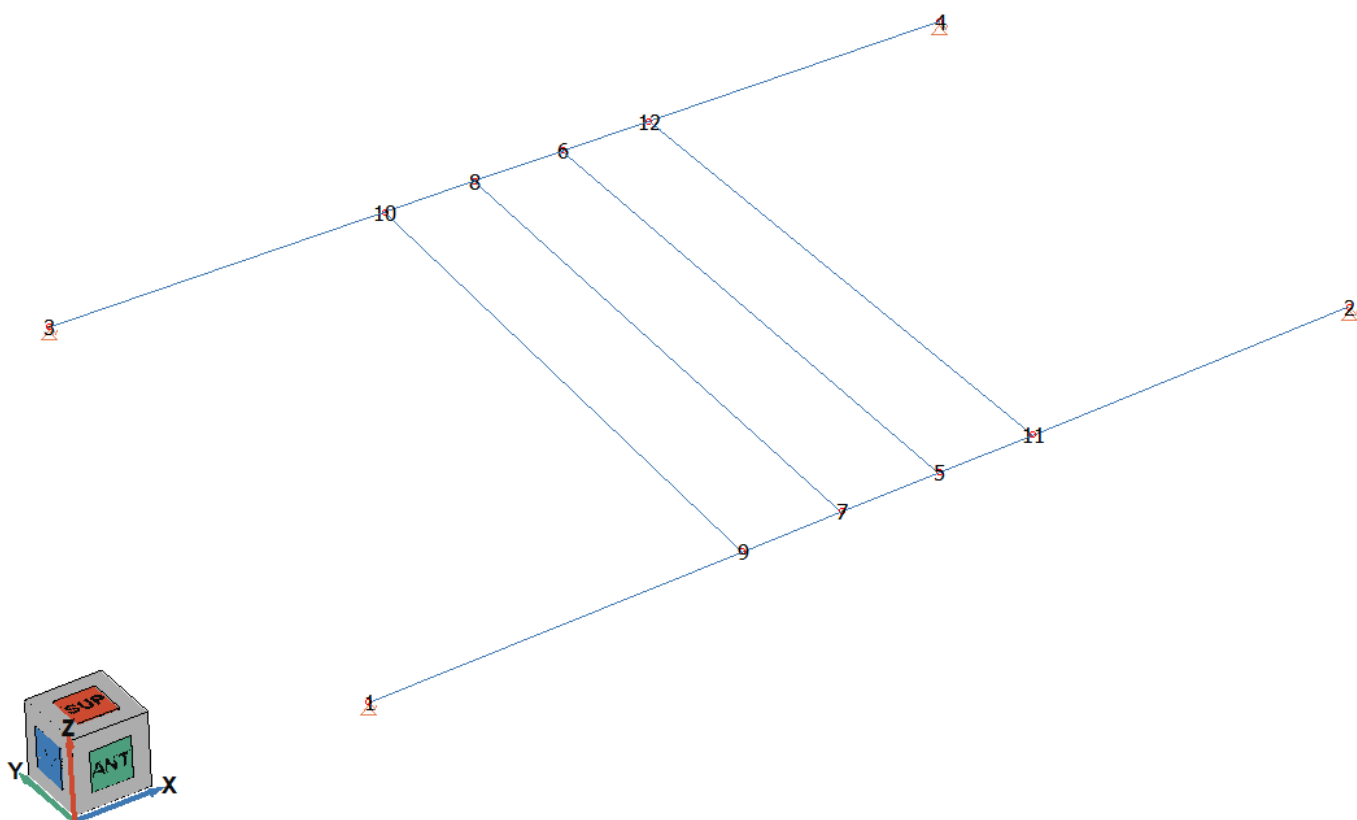
Per ogni asta vengono riportati i carichi applicati: ogni carico è identificato dal suo codice e da un moltiplicatore.

I gruppi relativi all'elemento trave di fondazione riportano informazioni analoghe. 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.

---



Modello strutturale

## 6. PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Questa parte richiede di precisare una serie di proprietà che possono essere ricavate in forma grafica direttamente da MasterSap. In particolare:

- Deformazioni
- Frecce
- Sollecitazioni

Diamo una breve descrizione delle simbologie adottate da MasterSap.

### 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).

Ipotizzando 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.

E' 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).

Nell'analisi sismica con il metodo statico equivalente, le corrispondenti forze inerziali vengono automaticamente aggiunte agli altri carichi eventualmente presenti sulla struttura.

Note le deformazioni vengono calcolate le sollecitazioni.

### DEFORMATE

Per ogni combinazione di carico e per tutti i nodi non completamente bloccati il programma calcola spostamenti (unità di misura  $L$ ) e rotazioni (radianti). Viene anche rappresentata la deformata in luce dell'asta che riproduce il comportamento di una funzione polinomiale di quarto grado. Gli spostamenti sono positivi se diretti nel verso degli assi globali  $X Y Z$ , le rotazioni positive se antiorarie rispetto all'asse di riferimento, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo (vedi figura a lato).

Viene anche determinato il valore massimo assoluto (con segno) di ogni singola deformazione e il valore massimo dello spostamento nello spazio (radice quadrata della somma dei quadrati degli spostamenti).

### ASPETTI PARTICOLARI DELL'ANALISI DINAMICA

Nella stampa degli autovettori vengono riportati i relativi risultati, pertinenti ad ogni nodo.

Nel calcolo della risposta spettrale vengono determinate, per ogni verso del sisma, le deformazioni relative ai vari modi di vibrare e la corrispondente media quadratica. Tali risultati vengono successivamente combinati e danno luogo ad uno o più inviluppi in relazione a quanto imposto dall'utente nella fase iniziale di intestazione del lavoro.

Nel caso dell'applicazione dell'Ordinanza 3431 (ex 3272) vengono anche determinate le deformazioni allo stato limite ultimo, che risultano amplificate per effetto dei fattori di struttura  $q$  rassegnati alle due direzioni orizzontali e a quella verticale.

### TRAVI, PILASTRI E TRAVI DI FONDAZIONE

Il programma calcola ai due nodi estremi di ogni elemento e per ogni combinazione di carico sei sollecitazioni, riferite agli assi locali (come indicato nella figura a lato):

- $F_x$  = forza assiale nella direzione locale  $x$ ;
  - $F_y$  = taglio nella direzione locale  $y$ ;
  - $F_z$  = taglio nella direzione locale  $z$ ;
  - $M_x$  = momento torcente attorno all'asse locale  $x$ ;
  - $M_y$  = momento flettente attorno all'asse locale  $y$ ;
-

- $M_z$  = momento flettente attorno all'asse locale  $z$ ,  
con le seguenti convenzioni sui segni:
- forze positive se concordi con gli assi locali ( $F$ );
- momenti positivi se antiorari rispetto gli assi locali, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo ( $F*L$ ).

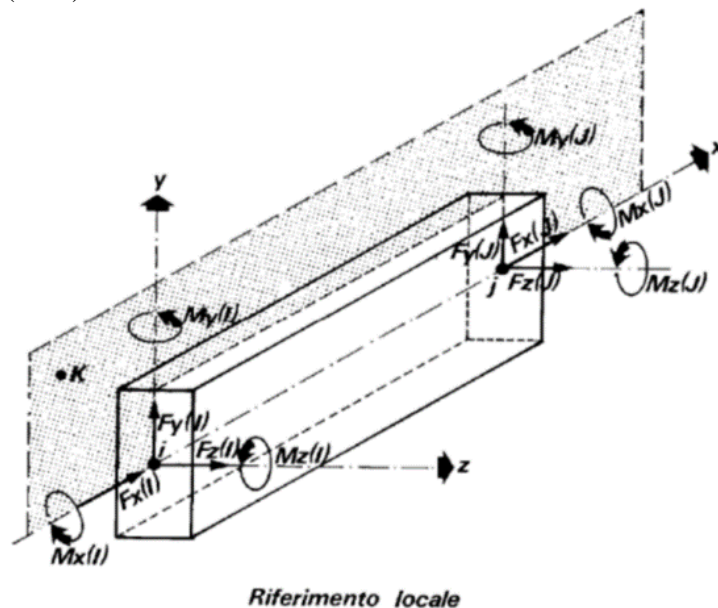
Tali convenzioni sono caratteristiche dei codici di calcolo numerico e sono mantenute soltanto nelle stampe globali. Nelle rappresentazioni grafiche e nelle stampe delle verifiche di sicurezza vengono invece adottate le convenzioni tipiche della Scienza delle Costruzioni.

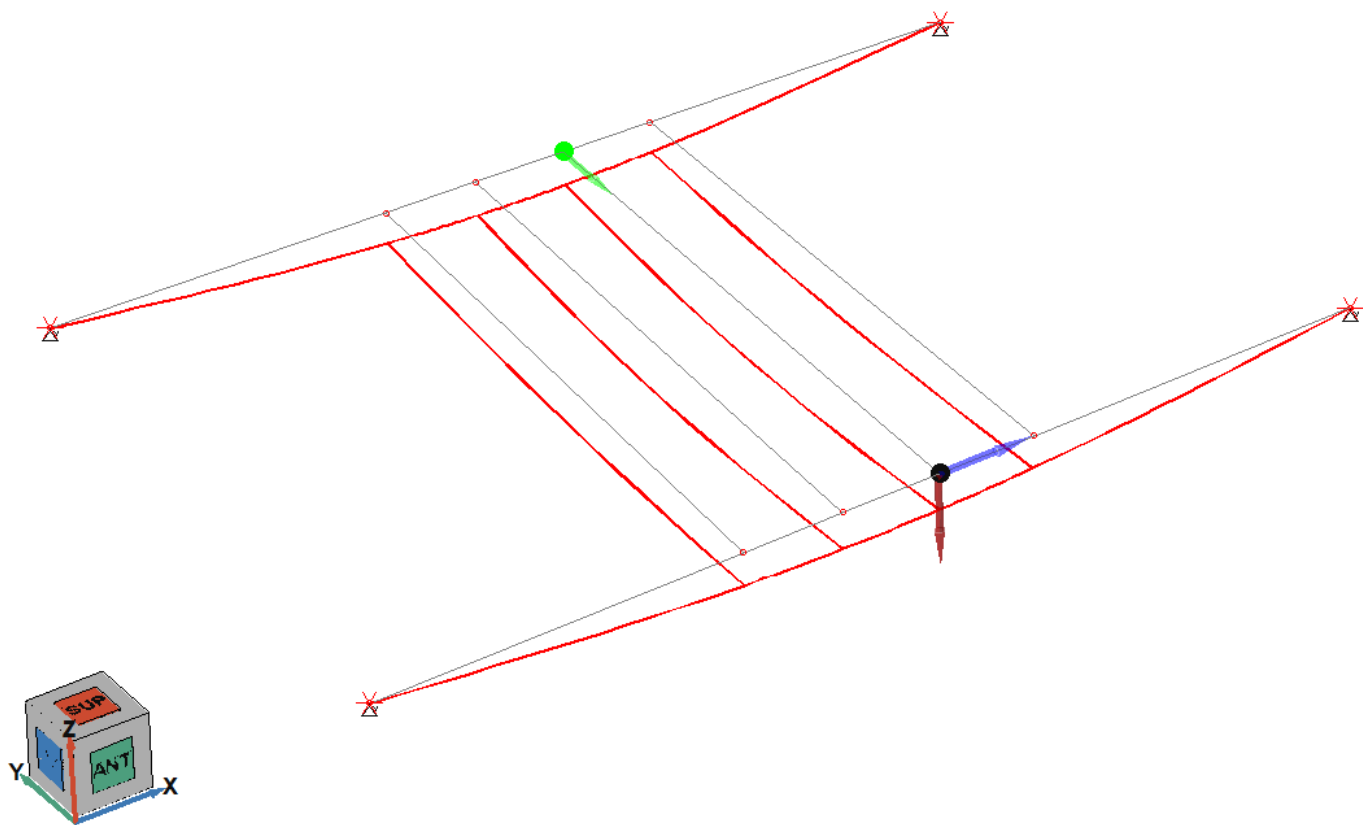
In caso di analisi sismica con il metodo statico equivalente viene riportato un prospetto riguardante il peso sismico del gruppo, le coordinate baricentriche relative, il coefficiente di distribuzione globale del gruppo funzione della sua quota, il coefficiente globale ricavato dal precedente in base ai parametri sismici, la forza sismica relativa.

Nell'analisi dinamica vengono calcolate le medesime sollecitazioni per ognuna delle tre azioni sismiche previste ( $Z$  eventuale). Viene evidenziato il modo di vibrazione che dà luogo all'effetto massimo, il valore di tale effetto (con segno), la risultante dovuta alla combinazione di tutti i modi di vibrazione mediante il criterio prescelto dall'utente.

Per le travi di fondazione il programma calcola ai due nodi estremi della trave e in tutti i punti intermedi generati per effetto della suddivisione della trave di fondazione, per ogni combinazione di carico:

- $F_y$  = taglio nella direzione locale  $y$  ( $F$ );
- $M_x$  = momento torcente attorno asse locale  $x$  ( $F*L$ );
- $M_z$  = momento flettente attorno asse locale  $z$  ( $F*L$ );
- $U_z$  = spostamento lungo  $Z$  ( $L$ );
- $r_X$  = rotazione intorno  $X$  (rad);
- $r_Y$  = rotazione intorno  $Y$  (rad);
- pressione sul suolo ( $F/L^2$ ).

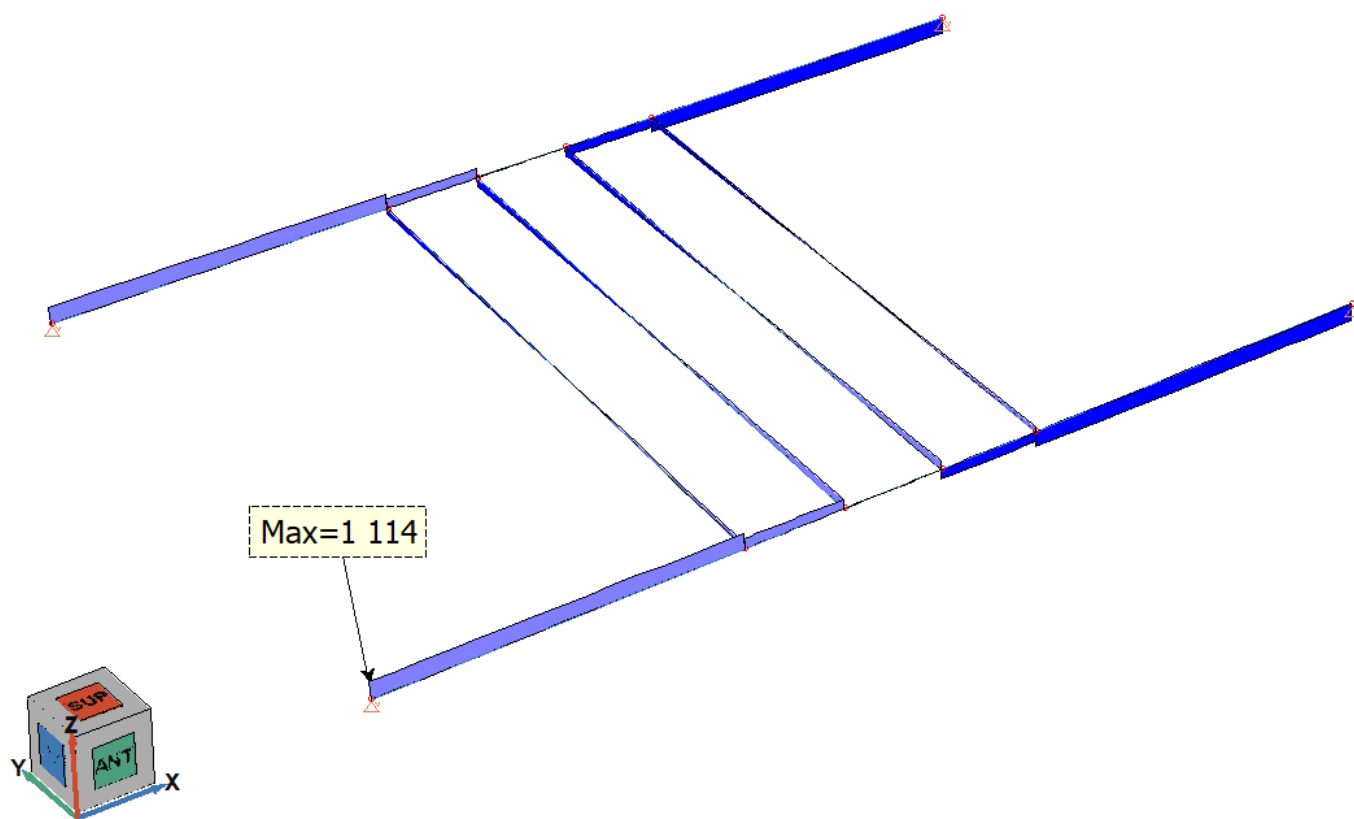




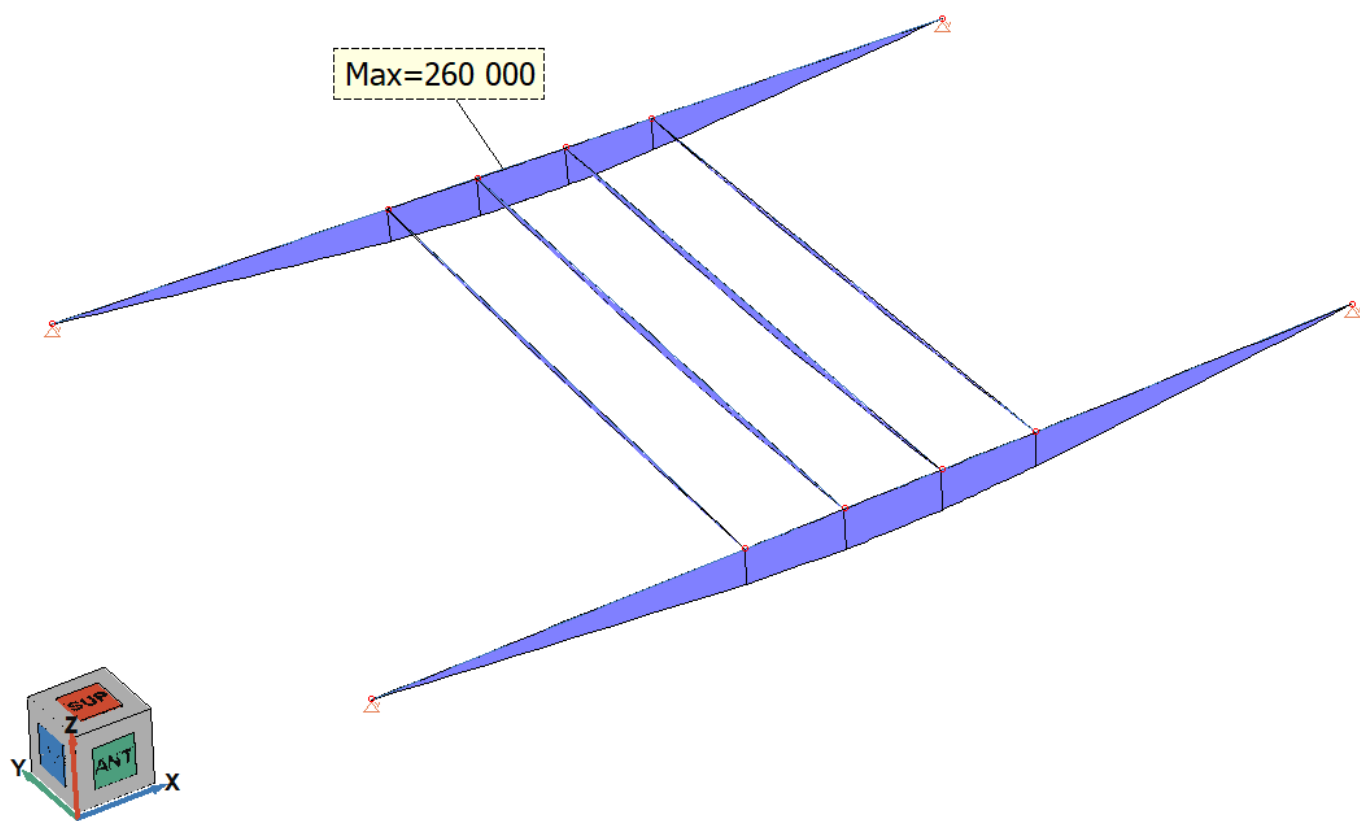
### Deformata Statica [cm]

Massime deformazioni al nodo 5  $d=1.1445$   $dx=0.0000$   $dy=-0.0000$   $dz=-1.1445$   
 Direzione x: nodo 5  $dx=0.0000$   $dy=-0.0000$   $dz=-1.1445$   
 Direzione y: nodo 6  $dy=-0.0000$   $dx=0.0000$   $dz=-1.1445$   
 Direzione z: nodo 5  $dz=-1.1445$   $dx=0.0000$   $dy=-0.0000$

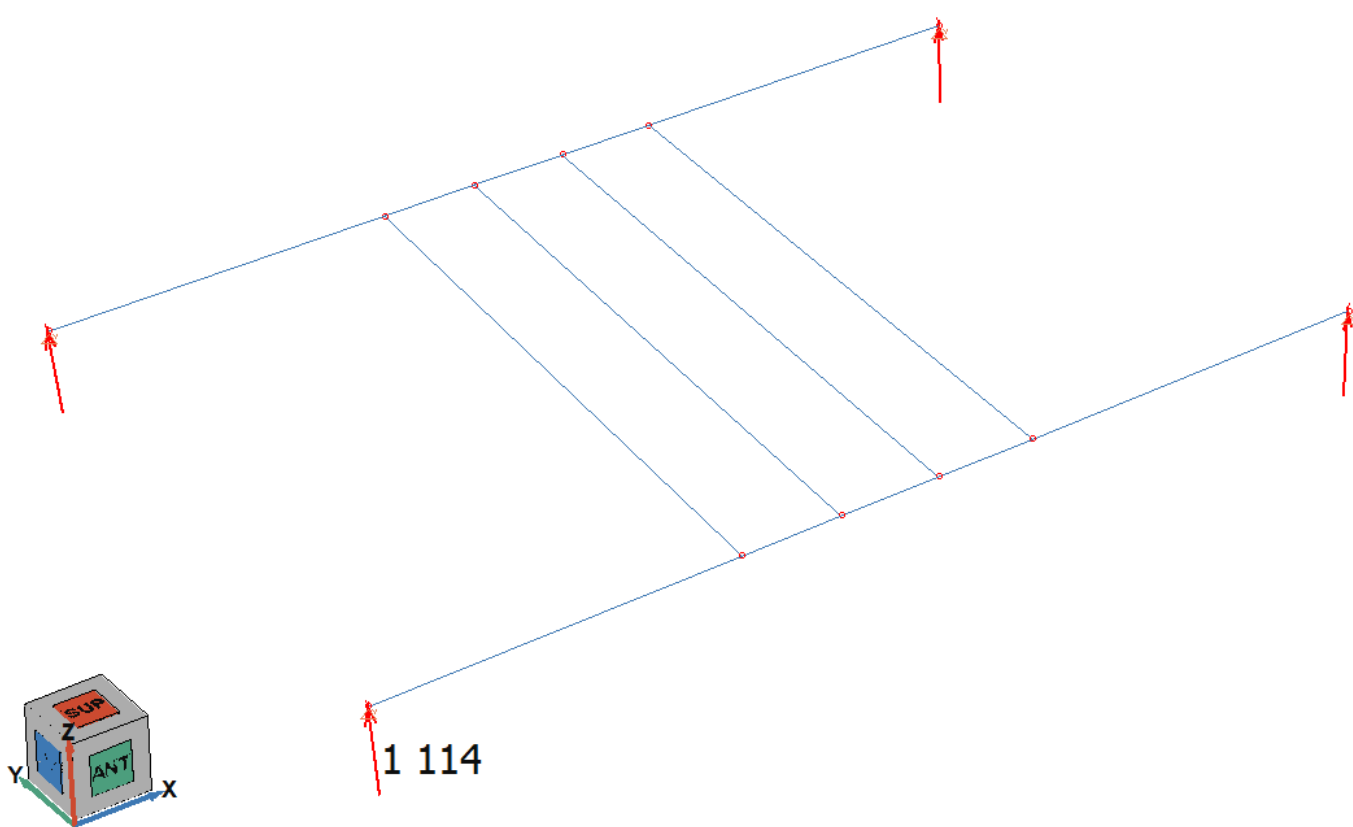
Valore max = 1,1



Azione Tagliante  $F_y$  [daN]  
Valore max = 1.114



Azione Flettente  $M_z$  [daNcm]  
Valore max = 260.000



Reazioni Vincolari [daN]  
Valore max = 1.114

## 7. VERIFICA SICUREZZA ELEMENTI

Questa parte richiede di precisare una serie di proprietà che possono essere ricavate in forma grafica direttamente da MasterSap. Diamo una breve descrizione delle simbologie adottate da MasterSap.

### VERIFICHE DI OPERE IN CEMENTO ARMATO

#### TRAVI, PILASTRI, SETTI E TRAVI DI FONDAZIONE

Fra le informazioni di testa per le travi è segnalata la travata di appartenenza, 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:

- NC: numero della combinazione di carico;
- $x$ : ascissa di calcolo (cm);
- Per i soli pilastri, per le combinazioni sismiche e nei casi in cui va applicata la gerarchia delle resistenze, vengono inserite due colonne  $\alpha M_y$  e  $\alpha M_z$  che riportano i valori dei moltiplicatori delle sollecitazioni  $M_y$  ed  $M_z$ .
- in sequenza  $F_x, F_y, F_z$  (F);  $M_x, M_y, M_z$  (F\*m).

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

Le convenzioni adottate sui segni delle sollecitazioni sono:

- $F_x$  (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.

NB: 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 sostituita 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 (Bielle): 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: riporta l'indice di resistenza che si ricava dal rapporto fra la resistenza a scorrimento (vedi § 7.4.4.5.2.1 delle NTC/2018) e la sollecitazione di taglio.
- $aswta, aswto$ : 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  $aswta$  e  $aswto$  e dall'applicazione dei minimi di normativa;

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.

Per i setti viene anche effettuata la verifica a scorrimento in corrispondenza delle sezioni al piede e in testa poste all'interno delle zone critiche. In questi casi, alla fine del tabulato delle armature riguardante la singola asta, vengono riportate:

- quota alla quale viene effettuata la verifica a scorrimento;
- sollecitazione di taglio per il dimensionamento ( $V_{Ed}$ );
- resistenza a spinotto delle barre verticali ( $V_{dd}$ );
- resistenza per attrito ( $V_{fd}$ );
- eventuale armatura inclinata totale ( $cm^2$ ) derivante dalla verifica.

Alla fine del tabulato di progetto delle armature riguardante un'asta, se attivata l'opzione sulla combinazione dei carichi, la procedura propone uno specchio 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 elementi verificati di tipo "pilastro" o "setto" viene effettuata la verifica delle tensioni di esercizio, mentre la verifica a fessurazione è eseguita senza calcolo diretto dell'ampiezza della fessura, in accordo al punto §C4.1.2.2.4.6 della Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 (Istruzioni alle NTC 2008). Nella verifica alle tensioni 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 piegata a punzonamento ( $cm^2$ ), 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.

## I RISULTATI PER I PLINTI

Viene riportato il nodo di attacco del plinto e le informazioni su sezione e peso proprio. Vengono anche indicate le sollecitazioni esterne agenti, riferite agli assi locali. Lo sforzo normale  $N$  viene qui riportato con segno positivo se di compressione, come di norma avviene.  $F_y$  e  $F_z$  esprimono le reazioni vincolari taglianti, positive se agenti nel verso del rispettivo asse.

In caso di analisi dinamica per i plinti viene adottato il criterio di determinazione degli effetti statici e dinamici simile a quello predisposto per le aste. Vengono sovrapposti gli effetti dell'analisi statica con i risultati dell'analisi dinamica, considerando tutte le possibili permutazioni di segno per i risultati dinamici relativi a sforzo normale e a momento flettente. Per le sollecitazioni dinamiche di taglio viene preso lo stesso segno di quello statico. Nei tabulati le combinazioni prese in considerazione vengono codificate con la stessa simbologia adottata per gli elementi monodimensionali (lettere da A a X).

Viene indicato:

- ascissa di calcolo (cm); la verifica viene attuata sugli assi locali  $y$  e  $z$ , prima sul semiasse positivo e poi su quello negativo;
- momento flettente ( $F \cdot m$ ) e relativa combinazione di massimo: viene effettuata la verifica per tutte le combinazioni di carico agenti, riportando, fra parentesi, solo quella che ha generato il massimo effetto; il momento è riferito all'intera sezione rettangolare in esame (che per le ascisse secondo  $y$  ha dimensioni  $B$  in larghezza e  $h$  in altezza, mentre secondo  $z$  vale rispettivamente  $H$  e  $h$ );
- sforzo tagliante ( $F$ ) e relativa combinazione di massimo: valgono considerazioni analoghe a quelle del momento flettente, riferite allo sforzo di taglio;
- armatura inferiore ( $\text{cm}^2$ ) e passo delle barre: viene calcolata l'armatura totale minima necessaria a supportare il momento flettente e il relativo passo delle barre;
- armatura superiore ( $\text{cm}^2$ ) e passo delle barre: analogamente all'armatura inferiore; quella superiore è generalmente nulla, in quanto situata in zona compressa, dove la presenza del calcestruzzo è già sufficiente a sostenere le azioni presenti;
- indice di resistenza a flessione;
- indice di resistenza a taglio;
- per ogni combinazione di carico dichiarata allo s.l.u. si ricava la pressione ultima sul terreno. Si determina l'area efficace che dipende dalle due eccentricità  $e_y$  ed  $e_z$  e si ricava lo sforzo normale ultimo  $F_{xult}$  (corrispondente alla pressione  $q_{ult}$ ) da cui deriva, in relazione all' $F_x$  esterno agente, l'indice di resistenza finale;
- per ogni combinazione di carico dichiarata allo s.l.e. si determina la pressione effettiva sul suolo che si confronta con la capacità portante, determinata riducendo la pressione ultima sul terreno in base al fattore di sicurezza stabilito in tabella.

Viene infine calcolato il carico limite di punzonamento e il coefficiente di sicurezza al punzonamento (con relativa combinazione più gravosa). Se il coefficiente di sicurezza al punzonamento scende sotto il valore 1 viene calcolata la sezione delle barre piegate per ognuna delle due direzioni ortogonali.

---

## **VERIFICHE DI OPERE IN ACCIAIO, ALLUMINIO O LEGNO CON IL METODO DELLE TENSIONI AMMISSIBILI E DEGLI STATI LIMITE**

### **I RISULTATI PER ASTE RETICOLARI**

Viene eseguita la verifica per aste soggette unicamente a sforzo normale. Per tutte le combinazioni di carico, viene effettuata la verifica di resistenza per aste e di stabilità per aste compresse. Per aste compresse viene utilizzato il metodo “ $\omega$ ”.

Viene riportata una descrizione dei parametri di progetto e successivamente, in sequenza per ogni asta:

- numero combinazione di carico;
- sforzo normale  $N$  (corrispondente a  $F_x$ ), positivo se di trazione;
- sezione utile ( $\text{cm}^2$ ); rappresenta il valore  $A_x$ , eventualmente diminuito per effetto del coefficiente di riduzione dell'area;
- snellezza; è la snellezza più elevata dell'asta fra le due corrispondenti ai piani di flessione e quella ulteriore, eventuale, derivante da assi principali di inerzia della sezione non coincidenti con gli assi locali  $y$  e  $z$  (come avviene per la sezione a  $L$ ); nelle note è indicato il piano di massima snellezza cui si riferisce il valore riportato;
- $S_f$ , tensione nell'acciaio o nell'alluminio (in  $\text{kg/cm}^2$ ,  $\text{N/mm}^2$  o  $\text{daN/cm}^2$ ); nel caso del legno la voce diventa esplicitamente tensione, anziché  $S_f$ .

A fine riga compaiono due note; la prima indica il piano di massima snellezza; la seconda, eventuale, è riservata a informazioni di commento.

Nel caso dei profili a freddo la stampa dei risultati riporta anche il valore di  $Q$  che concorre a determinare il coefficiente “ $\omega$ ” e la tensione massima che non può essere superata.

### **I RISULTATI PER TRAVI E PILSTRI**

Le sollecitazioni sono riferite al sistema locale  $x$ ,  $y$ ,  $z$ :

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

Le convenzioni sui segni delle sollecitazioni sono:

- $F_x$  (sforzo normale) è positivo se di trazione;
- $F_y$  (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra della sezione interessata, nel verso positivo dell'asse locale corrispondente;
- $F_z$  (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra della sezione 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  $y$ .

Il tabulato di uscita riporta inoltre in ordine:

- $S_f$  ( $F_x$ ), (Tens. ( $F_x$ ) per il legno): tensione derivante solo da sforzo normale;
  - $S_f$  ( $M$ ), (Tens. ( $M$ ) per il legno): tensione derivante solo dagli effetti flettenti di  $M_y$  e  $M_z$ ; viene riportato il valore massimo riscontrato fra tutti i punti soggetti a indagine;
  - tensione da torsione, derivante da  $M_x$ , valore massimo riscontrato;
  - tensione di taglio, derivante da  $F_y$  e  $F_z$ , valore massimo riscontrato;
  - $S_f$  ideale: tensione ideale massima nel caso di acciaio e alluminio. Nel caso del legno, invece, viene riportata una “tensione ( $F_x$ ,  $M$ )” derivante dall'interazione fra  $F_x$  e  $M$ , in cui si somma il contributo
-

tensionale dovuto allo sforzo normale con quello derivante dal momento flettente, la cui entità viene però riparametrizzata tramite il rapporto fra le tensioni ammissibili a sforzo normale e momento flettente. In questo modo  $\text{tens (F}_x, M)$  viene confrontata, per la sua accettabilità, con la tensione massima ammessa a sforzo normale;

- locazione, ovvero il punto della sezione in cui si verifica il massimo della tensione ideale;
- Nota: compare un avviso qualora la tensione ideale o " $\text{tens (F}_x, M)$ " superi il valore massimo ammissibile, che dipende anche dal relativo coefficiente di incremento connesso alle combinazioni di carico.

Alla fine del tabulato delle verifiche di resistenza, 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 si può infatti verificare per effetto di una combinazione di carico spaziale di MasterSap (in questo caso viene riportato il relativo numero o simbolo identificativo) o a causa della combinazione dei carichi permanenti e accidentali (contrassegnata in stampa dal simbolo --);
- $xM_{\max}$ : ascissa dell'asta in cui si verifica il momento massimo positivo;
- $M_{\max}$ : valore del momento massimo positivo;
- $Xf_{\max}$ : ascissa in cui si verifica la freccia massima in campata;
- $F_{\max}$ : valore della freccia massima in campata;
- $f_{\max}/l$ : rapporto fra freccia massima e luce dell'asta.

La verifica di stabilità viene effettuata per le sole combinazioni di carico che presentano, in almeno un'ascissa, condizioni di lavoro a pressoflessione. Il prospetto riepilogativo della verifica a stabilità riporta le informazioni relative all'asta iniziale e finale coinvolte, e inoltre:

- numero combinazione di carico;
- valore dello sforzo normale; (compressione più elevata trovata in tutte le ascisse soggette a verifica);
- valore del momento flettente  $M_y$  equivalente;
- valore del momento flettente  $M_z$  equivalente;
- snellezza  $\omega$  (che influisce sullo sforzo normale), solo per acciaio e alluminio;
- snellezza nel piano locale "yx" (che influisce su  $M_z$ );
- snellezza nel piano locale "zx" (che influisce su  $M_y$ );
- $\omega$ ;  $\omega_1$  (solo per acciaio e alluminio);
- tensione nell'acciaio o alluminio; nel caso del legno viene riportata un valore di tensione ( $F_x, M$ ) calcolato nei modi già espressi per la verifica di resistenza;
- Nota, eventuale, qualora le tensioni superino i limiti ammessi, oppure quando la snellezza supera il valore 250 (200 per il legno e alluminio).

## **VERIFICHE DI OPERE IN ACCIAIO CON IL METODO DELLE NTC 2018 E DELL'EUROCODICE 3**

### **I RISULTATI PER TRAVI E PILASTRI**

Il tabulato riporta:

- 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).

Le convenzioni sui segni delle sollecitazioni sono:

- $F_x$  (sforzo normale) è positivo se di trazione;
  - $F_y$  (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra della sezione interessata, nel verso positivo dell'asse locale corrispondente;
  - $F_z$  (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra della sezione 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  $y$ .

Vengono poi riportate:

- classe: rappresenta la classe della sezione; qualora i singoli componenti della sezione (ad esempio ala e anima) abbiano classi diverse viene presa quella più alta; non viene riportata in caso di trazione o taglio puro.

Il potenziale svergolamento viene indagato solo per sezioni a I. Viene riportato il valore di  $\chi_{LT}$ , che determina il momento resistente di progetto. La stabilità euleriana comporta la determinazione di tre coefficienti  $\chi_{min}$ ,  $\chi_y$ ,  $\chi_z$ . Il tabulato propone:

- numero combinazione di carico;
  - valore dello sforzo normale  $F_x$  (compressione più elevata trovata);
  - momento flettente  $M_y$  più elevato riscontrato in tutte le ascisse;
  - momento flettente  $M_z$  più elevato riscontrato in tutte le ascisse;
  - classe: rappresenta la classe della sezione;
  - $\chi_{minimo}$ : rappresenta il minimo fra i coefficienti di riduzione del modo di instabilità intorno agli assi coinvolti nella verifica.
-

## VERIFICA EC3

Lavoro:	01679 SAP PREALPI MONTEGANI IMPIANTI	Intestazione lavoro:	MERCATI
Elemento:	TRAVE	Metodo di verifica:	Eurocodice 3
Gruppo:	1	Descrizione:	TRAVI
Tabella:	Tabella travi		
Tipo acciaio:	S 275	Beta piano 'yx':	1.000
		Beta piano 'zx':	1.000
γM0:	1.050	γM1':	1.050
		γM2:	1.250
		γM0 Pf:	1.050
		γM1 Pf:	1.050
Tipo collegamento:	saldato	Connessione su un solo lato	Connessione sul lato corto (solo 'L')

ASTA NUM. 1      NI 1      NF 9      Lungh.      212.5 cm      SEZ. 1      Ps      HEB 180

```
categoria: p.p. y qy tot.
qy medio:  0.5126  0.5126 daN/cm
```

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN			daN*m							
1	0	0	1114	0	0	0	0	--	0.04	0.00	0.00	
1	106	0	1043	0	0	0	1146	1	0.03	0.00	0.09	
1	212	0	972	0	0	-0	2217	1	0.03	0.00	0.17	

## Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx -- daN	My ----- daN*m	Mz -----	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	$\chi_{LT}$	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
----	-----------------	----------------------	-------------	--------	---------------	----	----	-----	-------------	--------	--------	------	------

ASTA NUM. 2      NI 3      NF 10      Lungh.      212.5 cm      SEZ. 1      Ps      HEB 180

```
categoria: p.p. y qy tot.
qy medio:  0.5126  0.5126 daN/cm
```

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN			daN*m							
1	0	0	1114	0	0	0	0	--	0.04	0.00	0.00	
1	106	0	1043	0	0	-0	1146	1	0.03	0.00	0.09	
1	212	0	972	0	0	-0	2217	1	0.03	0.00	0.17	

## Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx -- daN	My ----- daN*m	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	$\chi_{LT}$	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
----	-----------------	----------------------	----	--------	---------------	----	----	-----	-------------	--------	--------	------	------

ASTA NUM. 3      NI 11      NF 2      Lungh.      212.5 cm      SEZ. 1      Ps      HEB 180

```

categoria: p.p. y qy tot.
qy medio:  0.5126  0.5126 daN/cm

```

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		daN			daN*m						
1	0	-0	-972	-0	0	-0	2217	1	0.03	0.00	0.17	
1	106	-0	-1043	-0	0	0	1146	1	0.03	0.00	0.09	
1	212	-0	-1114	-0	0	0	0	--	0.04	0.00	0.00	

## Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

[illegible]

1 -0 0 2217 1 0.8198 1.0000 1.0000 -- -- -- -- --

ASTA NUM. 4 NI 12 NF 4 Lungh. 212.5 cm SEZ. 1 Ps HEB 180

categoria: p.p. y qy tot.  
qy medio: 0.5126 0.5126 daN/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	--											
	cm		daN			daN*m						
1	0	-0	-972	-0	0	-0	2217	1	0.03	0.00	0.17	
1	106	-0	-1043	-0	0	-0	1146	1	0.03	0.00	0.09	
1	212	-0	-1114	-0	0	0	0	--	0.04	0.00	0.00	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	$\chi_{LT}$	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	--												
	daN		daN*m										
1	-0	-0	2217	1	0.8198	1.0000	1.0000	--	--	--	--	--	

ASTA NUM. 5 NI 5 NF 6 Lungh. 405.0 cm SEZ. 2 Ps IPE 160

categoria: p.p. y Permanente qy tot.  
qy medio: 0.1578 2.1000 2.2578 daN/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	--											
	cm		daN			daN*m						
1	0	-0	594	0	0	0	0	--	0.04	0.00	0.00	
1	202	-0	0	0	0	0	602	1	0.00	0.00	0.18	
1	405	-0	-594	0	0	0	0	--	0.04	0.00	0.00	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	$\chi_{LT}$	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	--												
	daN		daN*m										
1	-0	0	602	1	0.1342	1.0000	1.0000	--	--	--	--	--	

ASTA NUM. 6 NI 7 NF 8 Lungh. 405.0 cm SEZ. 2 Ps IPE 160

categoria: p.p. y Permanente qy tot.  
qy medio: 0.1578 2.1000 2.2578 daN/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	--											
	cm		daN			daN*m						
1	0	-0	594	-0	0	0	0	--	0.04	0.00	0.00	
1	202	-0	0	-0	0	0	602	1	0.00	0.00	0.18	
1	405	-0	-594	-0	0	0	0	--	0.04	0.00	0.00	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	$\chi_{LT}$	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	--												
	daN		daN*m										
1	-0	0	602	1	0.1342	1.0000	1.0000	--	--	--	--	--	

ASTA NUM. 7 NI 9 NF 10 Lungh. 405.0 cm SEZ. 2 Ps IPE 160

categoria: p.p. y Permanente qy tot.  
qy medio: 0.1578 1.0500 1.2078 daN/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		daN			daN*m						
1	0	-0	318	-0	0	0	0	--	0.02	0.00	0.00	
1	202	-0	0	0	0	0	322	1	0.00	0.00	0.10	
1	405	-0	-318	0	0	0	0	--	0.02	0.00	0.00	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	χmin.	ky	kz	kLT	χLT	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
1	-0	0	322	1	0.1342	1.0000	1.0000	--	--	--	--	--	

ASTA NUM. 8      NI 11      NF 12      Lungh.      405.0 cm      SEZ. 2 Ps      IPE 160

categoria: p.p. y Permanente qy tot.  
qy medio: 0.1578      1.0500      1.2078 daN/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		daN			daN*m						
1	0	-0	318	0	0	0	0	--	0.02	0.00	0.00	
1	202	-0	0	0	0	0	322	1	0.00	0.00	0.10	
1	405	-0	-318	0	0	0	0	--	0.02	0.00	0.00	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	χmin.	ky	kz	kLT	χLT	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
1	-0	0	322	1	0.1342	1.0000	1.0000	--	--	--	--	--	

ASTA NUM. 9      NI 6      NF 12      Lungh.      60.0 cm      SEZ. 1 Ps      HEB 180

categoria: p.p. y qy tot.  
qy medio: 0.5126      0.5126 daN/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		daN			daN*m						
1	0	-0	-614	-0	0	-0	2597	1	0.02	0.00	0.20	
1	30	-0	-634	-0	0	-0	2410	1	0.02	0.00	0.19	
1	60	-0	-654	-0	0	-0	2217	1	0.02	0.00	0.17	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx	My	Mz	Classe	χmin.	ky	kz	kLT	χLT	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											
1	-0	-0	2597	1	1.0000	1.0000	1.0000	--	--	--	--	--	

ASTA NUM. 10      NI 8      NF 6      Lungh.      60.0 cm      SEZ. 1 Ps      HEB 180

categoria: p.p. y qy tot.  
qy medio: 0.5126      0.5126 daN/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm		daN			daN*m						
1	0	0	20	-0	0	-0	2597	1	0.00	0.00	0.20	

1	30	0	0	-0	0	-0	2600	1	0.00	0.00	0.20
1	60	0	-20	-0	0	-0	2597	1	0.00	0.00	0.20

**Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE**

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	$\chi_{LT}$	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											

**ASTA NUM. 11** NI 10 NF 8 Lungh. 60.0 cm SEZ. 1 Ps HEB 180

categoria: p.p. y qy tot.  
qy medio: 0.5126 0.5126 daN/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN	daN	daN	daN*m	daN*m	daN*m					
1	0	0	654	0	0	-0	2217	1	0.02	0.00	0.17	
1	30	0	634	0	0	-0	2410	1	0.02	0.00	0.19	
1	60	0	614	0	0	-0	2597	1	0.02	0.00	0.20	

**Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE**

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	$\chi_{LT}$	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											

**ASTA NUM. 12** NI 7 NF 5 Lungh. 60.0 cm SEZ. 1 Ps HEB 180

categoria: p.p. y qy tot.  
qy medio: 0.5126 0.5126 daN/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN	daN	daN	daN*m	daN*m	daN*m					
1	0	0	20	0	0	-0	2597	1	0.00	0.00	0.20	
1	30	0	0	0	0	-0	2600	1	0.00	0.00	0.20	
1	60	0	-20	0	0	-0	2597	1	0.00	0.00	0.20	

**Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE**

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	$\chi_{LT}$	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
	daN	daN*m											

**ASTA NUM. 13** NI 9 NF 7 Lungh. 60.0 cm SEZ. 1 Ps HEB 180

categoria: p.p. y qy tot.  
qy medio: 0.5126 0.5126 daN/cm

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Classe	I.V.T.	I.R.n.	I.R.	Nota
	cm	daN	daN	daN	daN*m	daN*m	daN*m					
1	0	0	654	0	0	-0	2217	1	0.02	0.00	0.17	
1	30	0	634	0	0	-0	2410	1	0.02	0.00	0.19	
1	60	0	614	0	0	-0	2597	1	0.02	0.00	0.20	

**Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE**

NC	Fx	My	Mz	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	$\chi_{LT}$	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
----	----	----	----	--------	---------------	----	----	-----	-------------	--------	--------	------	------

--  
daN                      daN\*m

ASTA NUM. 14      NI 5      NF 11      Lungh.      60.0 cm      SEZ. 1      Ps      HEB 180

categoria: p.p. y qy tot.  
qy medio: 0.5126    0.5126 daN/cm

NC	x -- cm	Fx ----- daN	Fy ----- daN	Fz ----- daN	Mx ----- daN*m	My ----- daN*m	Mz ----- daN*m	Classe -----	I.V.T. -----	I.R.n. -----	I.R. -----	Nota
1	0	-0	-614	-0	0	-0	2597	1	0.02	0.00	0.20	
1	30	-0	-634	-0	0	-0	2410	1	0.02	0.00	0.19	
1	60	-0	-654	-0	0	-0	2217	1	0.02	0.00	0.17	

Verifica di STABILITA' e/o STABILITA' FLESSO TORSIONALE

NC	Fx -- daN	My ----- daN*m	Mz ----- daN*m	Classe	$\chi_{min.}$	ky	kz	kLT	$\chi_{LT}$	I.S.n.	I.S.m.	I.S.	Nota
1	-0	-0	2597	1	1.0000	1.0000	1.0000	--	--	--	--	--	

## **8. VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITA'**

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 dalla 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.

---

Intervento:

## **INTERVENTI PRESSO MERCATI VIA PREALPI E VIA MONTEGANI**

### ***Relazione sui materiali***

#### **1. CALCESTRUZZO ARMATO**

## CALCESTRUZZI

Riferimenti: D.M. 17.01.2018;

Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale;

UNI EN 206-1/2006;

<b>Tipologia strutturale:</b>	<b>Fondazioni</b>
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	300 daN/cm <sup>2</sup>
Condizioni ambientali:	<i>Strutture completamente interrato in terreno permeabile.</i>
Classe di esposizione:	XC2
Rapporto acqua/cemento max:	0.60
Classe di consistenza:	S3 (Plastica)
Diametro massimo aggregati:	16 mm

<b>Tipologia strutturale:</b>	<b>Elevazione</b>
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	300 daN/cm <sup>2</sup>
Condizioni ambientali:	<i>Strutture interne di edifici non industriali con umidità bassa.</i>
Classe di esposizione:	XC1
Rapporto acqua/cemento max:	0.60
Classe di consistenza:	S4 (Fluida) con Additivo Superfluidificante
Diametro massimo aggregati:	16 mm

### Dosatura dei materiali.

La dosatura dei materiali per ottenere Rck \*\*\* è orientativamente la seguente (per m<sup>3</sup> d'impasto).

sabbia	0.4 m <sup>3</sup>
ghiaia	0.8 m <sup>3</sup>
acqua	150 litri
cemento tipo 325	350 kg/m <sup>3</sup>

### 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

### Prescrizione per inerti

Sabbia viva 0-7 mm, pulita, priva di materie organiche e terrose; sabbia fino a 30 mm (70 mm 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%

### 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.

### Provini da prelevare in cantiere

n° 2 cubi di lato 15 cm;

un prelievo ogni 100 mc

$$\sigma_{c28} \geq 3 \cdot \sigma_{c \text{ adm}};$$

$$R_{ck} 28 = R_m - 35 \text{ kg/cm}^2;$$

$$R_{min} > R_{ck} - 35 \text{ kg/cm}^2$$

### Parametri caratteristici e tensioni limite

Tabella riassuntiva per vari  $R_{ck}$

$R_{ck}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$f_{ctm}$	u.m.
250	207.5	117.6	22.6	[kg/cm <sup>2</sup> ]
300	249.0	141.1	25.6	[kg/cm <sup>2</sup> ]
350	290.5	164.6	28.4	[kg/cm <sup>2</sup> ]
400	332.0	188.1	31.0	[kg/cm <sup>2</sup> ]
450	373.5	211.6	33.5	[kg/cm <sup>2</sup> ]
500	415.0	235.2	36.0	[kg/cm <sup>2</sup> ]

$R_{ck}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$f_{ctm}$	u.m.
25	20.75	11.75	2.26	[N/mm <sup>2</sup> ]
30	24.90	14.11	2.56	[N/mm <sup>2</sup> ]
35	29.05	16.46	2.84	[N/mm <sup>2</sup> ]
40	33.20	18.81	3.10	[N/mm <sup>2</sup> ]
45	37.35	21.16	3.35	[N/mm <sup>2</sup> ]
50	41.50	23.51	3.60	[N/mm <sup>2</sup> ]

Legenda:

- $f_{ck}$  (resistenza cilindrica a compressione);  
 $f_{ck} = 0.83 R_{ck}$ ;
- $f_{cd}$  (resistenza di calcolo a compressione);  
 $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$
- $f_{ctd}$  (resistenza di calcolo a trazione);  
 $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$ ;  
 $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$ ;  
 $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$  per classi  $\leq C50/60$   
 $f_{ctm} = 2.12 \cdot \ln[1 + f_{cm}/10]$  per classi  $> C50/60$

Valori indicativi di alcune caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi impiegati:

Ritiro (valori stimati): 0.25 mm/m (dopo 5 anni, strutture non armate);

0.10mm/m (strutture armate).

Rigonfiamento in acqua (valori stimati): 0.20 mm/m (dopo 5 anni in strutture armate).

Dilatazione termica:  $10 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

Viscosità  $\phi = 1.70$ .

PROSPETTO CLASSI DI ESPOSIZIONE E COMPOSIZIONE UNI EN 206-1

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.
--------	---------------------------	--	-------------	------------	--------------	-----------------------------

**1 Assenza di rischio di corrosione o attacco**

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	---
----	---	--	---	-----	----	-----

**2 Corrosione indotta da carbonatazione**

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
<b>XC4</b>	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

**3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare**

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

**4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare**

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
<b>XS3</b>	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

**5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti \*(NB XF2 – XF3 – XF4 contenuto minimo aria 3%)**

<b>XF1</b>	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
<b>XF2*</b>	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
<b>XF3*</b>	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
<b>XF4*</b>	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

**6 Attacco chimico \*\*)**

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
<b>XA2</b>	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

## 2. ACCIAIO PER C.A.

### ACCIAIO PER C.A.

ACCIAIO PER C.A. B450C	
$f_{yk}$ tensione nominale di snervamento:	$\geq 4580 \text{ kg/cm}^2 (\geq 450 \text{ N/mm}^2)$
$f_{tk}$ tensione nominale di rottura:	$\geq 5500 \text{ kg/cm}^2 (\geq 540 \text{ N/mm}^2)$
$f_{td}$ tensione di progetto a rottura:	$f_{yk} / \gamma_s = f_{yk} / 1.15 = 3980 \text{ kg/cm}^2 (= 391 \text{ N/mm}^2)$

L'acciaio dovrà rispettare i seguenti rapporti:

$$f_y / f_{yk} < 1.35 \quad f_t / f_y \geq 1.15$$

Diametro delle barre:  $6 \leq \phi \leq 40 \text{ mm}$ .

E' ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri  $\leq 16 \text{ mm}$ .

Reti e tralicci con elementi base di diametro  $6 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$ .

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci:  $\phi_{\min} / \phi_{\max} \geq 0.6$

ACCIAIO PER C.A. B450A	
$f_{yk}$ tensione nominale di snervamento:	$\geq 4580 \text{ kg/cm}^2 (\geq 450 \text{ N/mm}^2)$
$f_{tk}$ tensione nominale di rottura:	$\geq 5500 \text{ kg/cm}^2 (\geq 540 \text{ N/mm}^2)$
$f_{td}$ tensione di progetto a rottura:	$f_{yk} / \gamma_s = f_{yk} / 1.15 = 3980 \text{ kg/cm}^2 (= 391 \text{ N/mm}^2)$

L'acciaio dovrà rispettare i seguenti rapporti:

$$f_y / f_{yk} < 1.25 \quad f_t / f_y \geq 1.05$$

Diametro delle barre:  $5 \leq \phi \leq 10 \text{ mm}$ .

E' ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri  $\leq 10 \text{ mm}$ .

Reti e tralicci con elementi base di diametro  $5 \leq \phi \leq 10 \text{ mm}$ .

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci:  $\phi_{\min} / \phi_{\max} \geq 0.6$

### 3. ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

Riferimenti:

- D.M. 17.01.2018, par. 4.2.1.1, par 11.3.4
- UNI EN 10025-2:2005: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali.

#### Proprietà dei materiali per la fase di analisi strutturale

Modulo Elastico:  $E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$  ( $210.000 \text{ N/mm}^2$ )

Coefficiente di Poisson:  $\nu = 0.3$

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

Coefficiente di espansione termica lineare:  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}^{-1}$  (per  $T < 100^{\circ}\text{C}$ )

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

#### Caratteristiche minime dei materiali

	S235	S275	S355	S450
tensione di rottura	360 $\text{N/mm}^2$	430 $\text{N/mm}^2$	510 $\text{N/mm}^2$	550 $\text{N/mm}^2$
tensione di snervamento	235 $\text{N/mm}^2$	275 $\text{N/mm}^2$	355 $\text{N/mm}^2$	440 $\text{N/mm}^2$

#### BULLONERIA

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

STATO DI TENSIONE					
CLASSE VITE	$f_{tb}$ ( $\text{N/mm}^2$ )	$f_{yb}$ ( $\text{N/mm}^2$ )	$f_{k,N}$ ( $\text{N/mm}^2$ )	$f_{d,N}$ ( $\text{N/mm}^2$ )	$f_{d,v}$ ( $\text{N/mm}^2$ )
4.6	400	240	240	240	170
5.6	500	300	300	300	212
6.8	600	480	360	360	255
8.8	800	640	560	560	396
10.9	1000	900	700	700	495

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  $f_{tb}$  ed  $f_{yb}$  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

## **SALDATURE**

Su tutte le saldature è stato eseguito un controllo visivo e dimensionale. Le saldature più importanti (ad esempio le saldature delle giunzioni flangiate) sono state controllate a mezzo di particelle magnetiche e/o ultrasuoni.

Il filo di saldatura utilizzato è di tipo IT-SG3 (Saldature ad alta resistenza, fino a 600N/mm<sup>2</sup>), ed ha le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche meccaniche:  $R=590\text{N/mm}^2$ ;  $S=420\text{N/mm}^2$ ; KV (20°C) = 50J

Composizione chimica media: C = 0.08%; Mn = 1.4%; Si = 0.8%; P = 0.02%; S = 0.02%.

I saldatori utilizzati per la costruzione delle strutture sono certificati secondo la UNI EN 287/1.

www.hilti.it

Impresa:		Pagina:	1
Indirizzo:		Progettista:	
Telefono / Fax:		E-mail:	
Design:	calcestruzzo - 18 apr 2026	Data:	18/04/2026
Contratto N°:			

**Commenti del progettista:**

## 1 Dati da inserire

<b>Tipo e dimensione dell'ancorante:</b>	<b>HIT-HY 200-A V3 + HAS-U 8.8 M16</b>	
Vita utile (durata in anni):	50	
Codice articolo:	2237088 HAS-U 8.8 M16x150 (inserire) / 2377669 HIT-HY 200-A V3 (resina)	
Insert item # alternative:	2390237 HAS 8.8 M16x150	
Specification text:	HILTI HAS-U 8.8 OR HAS BARRA FILETTATA WITH HIT-HY 200-A V3 RESINA AD INIEZIONE WITH 80 MM EMBEDMENT HEF, M16, ACCIAIO ZINCATO, SAFESET - AUTOMATIC CLEANING INSTALLATION PER ETA 19/0601	
Profondità di posa effettiva:	$h_{ef,opti} = 80,0 \text{ mm}$ ( $h_{ef,limit} = 214,0 \text{ mm}$ )	
Materiale:	8.8	
Certificazione No.:	ETA 19/0601	
Emesso / Valido:	08/09/2025   -	
Prova:	metodo di calcolo EN 1992-4, chimica+ Sismica (sezione 9, allegato C)	
Categoria di performance sismica:	C2	
Tipologia di verifica sismica:	9.2 (3) a2) progettazione elastica	
Percentuale di carico sismico $\leq 20\%$ :	no	
Spostamenti massimi richiesti per l'SLD:	Carico di trazione $\delta_{N,req(DLS)} = 0,400 \text{ mm}$ , Carico di taglio $\delta_{V,req(DLS)} = 3,200 \text{ mm}$	
Fissaggio distanziato:	$e_b = 0,0 \text{ mm}$ (Senza distanziamento); $t = 15,0 \text{ mm}$	
Piastra d'ancoraggio <sup>CBFEM</sup> :	$l_x \times l_y \times t = 320,0 \text{ mm} \times 250,0 \text{ mm} \times 15,0 \text{ mm}$ ;	
Profilo:	IPB/HEB, IPB 180 / HE 180 B; ( $L \times W \times T \times FT$ ) = $180,0 \text{ mm} \times 180,0 \text{ mm} \times 8,5 \text{ mm} \times 14,0 \text{ mm}$	
Materiale base:	fessurato calcestruzzo, C20/25, $f_{c,cyl} = 20,00 \text{ N/mm}^2$ ; $h = 250,0 \text{ mm}$ , Temp. Breve/Lunga: 0/0 °C, fattore di sicurezza materiale parziale $\gamma_c = 1,500$ ; $\gamma_{c,seismic} = 1,500$	
<b>Installazione:</b>	<b>Foro trapanato con pulizia automatica, Condizioni di installazione: asciutto</b>	
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	

<sup>CBFEM</sup> - Il calcolo dell'ancorante è basato su un Metodo ad Elementi Finiti basato sui componenti (CBFEM)

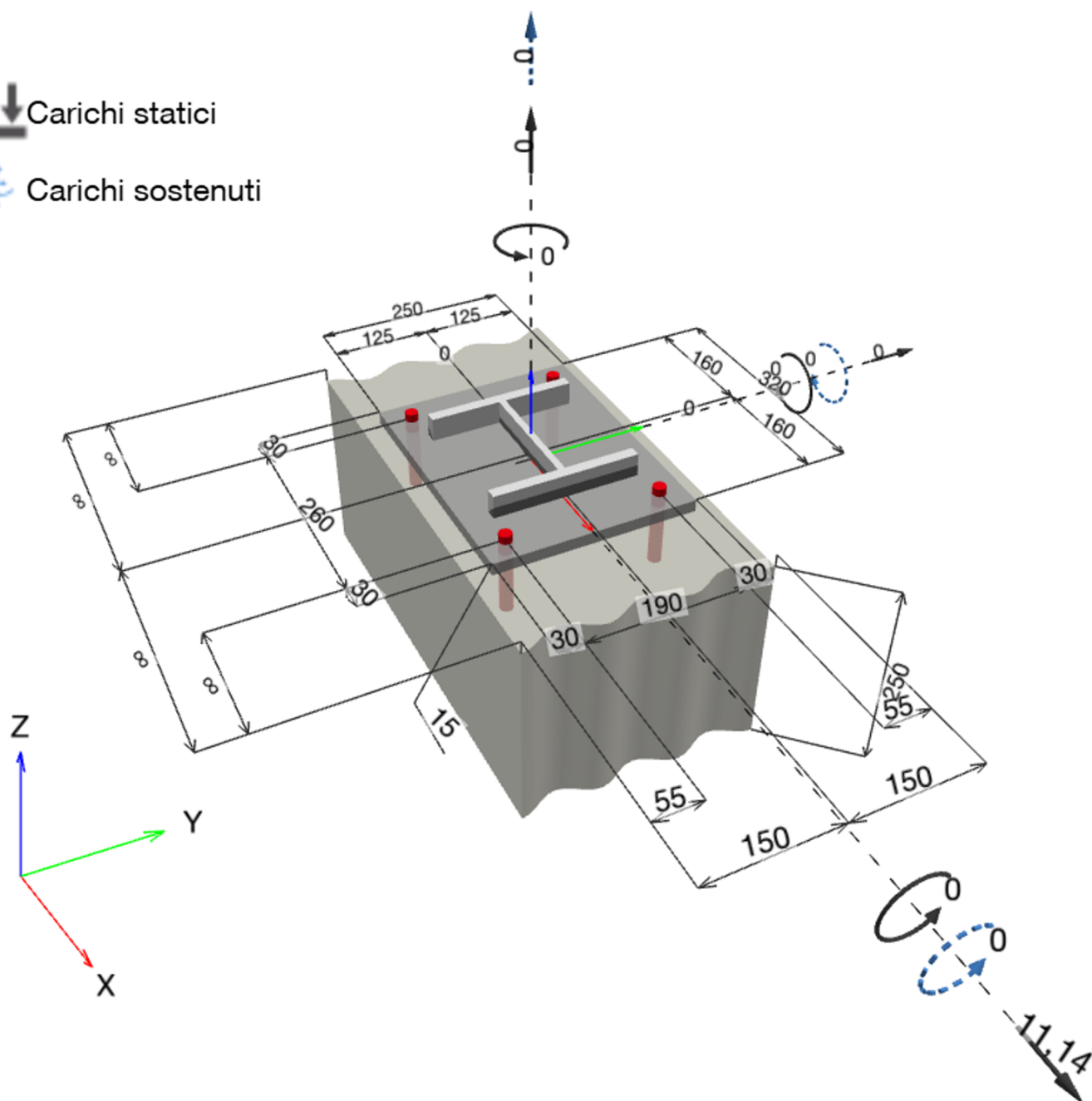
### Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



## Carichi statici



## Carichi sostenuti



[www.hilti.it](http://www.hilti.it)

Impresa:		Pagina:	3
Indirizzo:		Progettista:	
Telefono / Fax:		E-mail:	
Design:	calcestruzzo - 18 apr 2026	Data:	18/04/2026
Contratto N°:			

**1.1 Combinazione carichi**

Caso	Descrizione	Forze [kN] / Momenti [kNm]	Sismico	Fuoco	Util. max. Tassello [%]
1	Combinazione 1	$N = 0,000; V_x = 11,140; V_y = 0,000;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$ $N_{sus} = 0,000; M_{x,sus} = 0,000; M_{y,sus} = 0,000;$	C2	no	85

[www.hilti.it](http://www.hilti.it)

Impresa:		Pagina:	4
Indirizzo:		Progettista:	
Telefono / Fax:		E-mail:	
Design:	calcestruzzo - 18 apr 2026	Data:	18/04/2026
Contratto N°:			

## 2 Prova I Utilizzo (Configurazioni maggiormente caricate)

Carico	Prova	Valori di calcolo [kN]		Utilizzo	Stato
		Carico	Resistenza	$\beta_N / \beta_V$ [%]	
Trazione	Rottura conica del calcestruzzo	0,438	12,896	4 / -	OK
Taglio	Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione y-	5,570	6,899	- / 81	OK

Carico	$\beta_N$	$\beta_V$	$\alpha$	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
Carichi combinati a trazione e taglio	0,039	0,807	1,000	85	OK

## 3 Attenzione

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

**L'ancoraggio risulta verificato!**

**www.hilti.it**

Impresa:		Pagina:	5
Indirizzo:		Progettista:	
Telefono / Fax:		E-mail:	
Design:	calcestruzzo - 18 apr 2026	Data:	18/04/2026
Contratto N°:			

#### 4 Osservazioni; doveri del cliente

- Qualsiasi informazione e dato contenuto nel Software riguarda esclusivamente l'utilizzo dei prodotti Hilti ed è basato su principi, formule e normative di sicurezza conformi alle direttive tecniche Hilti e alle istruzioni operative, di montaggio e di assemblaggio, ecc., che devono essere rigorosamente rispettate dall'utente. Tutte i valori in esso contenuti sono valori medi; pertanto, prima di utilizzare il relativo prodotto Hilti, è necessario effettuare prove specifiche per l'applicazione. I risultati dei calcoli effettuati tramite il Software si basano essenzialmente sui dati inseriti dall'utente. Di conseguenza, l'utente è l'unico responsabile dell'assenza di errori, della completezza e della pertinenza dei dati inseriti. Inoltre, l'utente è l'unico responsabile di far verificare e approvare i risultati del calcolo da un esperto, in particolare per quanto riguarda la conformità alle norme e alle autorizzazioni applicabili, prima di utilizzarli per il proprio impianto o progetto specifico. Il Software serve esclusivamente come supporto per l'interpretazione di norme e autorizzazioni, senza alcuna garanzia di assenza di errori, correttezza, pertinenza dei risultati o idoneità a una specifica applicazione.
- L'utente deve applicare tutti gli accorgimenti necessari e ragionevoli per prevenire o limitare i danni causati dal software. In particolare, l'utente deve organizzare un backup periodico dei programmi e dei dati e, se necessario, effettuare gli aggiornamenti del software offerti da Hilti in maniera regolare. Se non si utilizza la funzione di aggiornamento automatico del software, l'utente deve assicurarsi di utilizzare l'ultima versione e quindi di mantenere aggiornato il Software effettuando aggiornamenti manuali dal sito web Hilti. Hilti non è responsabile per le conseguenze derivanti da una violazione colposa di responsabilità da parte dell'utente, come il recupero di dati o programmi persi o danneggiati.