

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO – FANO
 Tratto Selci Lama (E45) – S. Stefano di Gaifa
 Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (lotto 2)
 e del tratto Guinza – Mercatello Ovest (lotto 3)
 1° stralcio

PROGETTO ESECUTIVO

cod. AN58

PROGETTAZIONE:
 RAGGRUPPAMENTO
 TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA:

MANDANTI:



sinergo

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI
 SPECIALISTICHE:

*Ing. Riccardo Formichi – Società Pro Iter Srl
 Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 18045*

OPERE D'ARTE MINORI:

*Ing. Stefano Muffato – Sinergo SpA
 Ordine Ingegneri Provincia di Venezia n. 2087*

IL GEOLOGO:

*Dott. Geol. Massimo Mezzanica – Società Pro Iter Srl
 Albo Geol. Lombardia n. A762*

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

*Ing. Massimo Mangini – Società Erre.Vi.A Srl
 Ordine Ingegneri Provincia di Varese n. 1502*

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:

Dott. ing. Vincenzo Catone



PROTOCOLLO:

DATA:

07 - OPERE D'ARTE MINORI
07.11 - PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE
 Relazione tecnica e di calcolo

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00OM01STRRE01.pdf			
LO702M	E	2101	CODICE ELAB. T00OM01STRRE01		A	R
D						
C						
B						
A	EMISSIONE		FEBBRAIO 2023	ZUFFELLATO	GALANTE	MUFFATO
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	INQUADRAMENTO GENERALE	1
1.1	Descrizione dell'opera	1
2	NORME DI RIFERIMENTO	4
2.1	Normativa nazionale cogente.....	4
2.2	Eurocodici	4
2.3	Norme EN, UNI, ISO.....	5
2.4	Norme CNR	6
3	VITA NOMINALE E CLASSI D'USO	7
4	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO	9
5	MATERIALI	10
5.1	Acciaio per opere in elevazione.....	10
5.2	Calcestruzzo per opere in fondazione.....	10
5.3	Acciaio per calcestruzzo ordinario.....	11
5.4	Copriferro per opere in fondazione	11
6	ANALISI DEI CARICHI	12
6.1	Pesi propri strutturali (g_1).....	12
6.1.1	<i>Montante e traverso</i>	12
6.1.2	<i>Plinto di fondazione</i>	12
6.1.3	<i>Micropali</i>	12
6.2	Carichi permanenti non strutturali (g_2)	12
6.2.1	<i>Segnaletica luminosa di sicurezza</i>	12
6.3	Sovraccarico accidentale	12
6.4	Carico neve (q_s)	12
6.5	Azioni del vento	13
6.6	Azione sismica.....	14
6.6.1	<i>Stato Limite di Salvaguardia della Vita</i>	16
6.6.2	<i>Stato Limite di Operatività</i>	18
6.7	Combinazioni di carico	19
6.7.1	<i>Combinazioni SLU</i>	19
6.7.2	<i>Combinazioni SLE</i>	20
6.7.3	<i>Combinazioni Sismiche</i>	20
6.7.4	<i>Combinazioni considerate</i>	20
7	MODELLO DI CALCOLO E ANALISI DEI RISULTATI	24
7.1	Criteri di modellazione e analisi di riferimento	24
7.2	Criteri di verifica	26
7.2.1	<i>Verifiche agli Stati Limite Ultimi</i>	26

Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

RTP di progettazione:

Mandataria:



Mandanti:



sinergo

7.2.1.1	Verifica per sollecitazioni di presso-flessione	26
7.2.1.2	Verifiche a taglio.....	26
7.2.2	Verifiche agli Stati Limite di esercizio.....	27
7.2.2.1	Verifiche a fessurazione	28
7.2.2.1.1	Premessa	28
7.2.2.1.2	Valutazione dell'ampiezza delle fessure (valore medio e valore di calcolo).....	29
7.2.2.1.3	Ampiezza delle fessure	29
7.2.3	Verifica della capacità portante	30
7.2.3.1	Verifiche agli Stati Limite Ultimi	30
7.3	Convenzioni di segno	35
7.4	Sollecitazioni agenti.....	37
7.4.1	Condizioni elementari di carico	37
7.4.2	Inviluppi.....	54
7.4.2.1	Struttura in elevazione-SLU	54
7.4.2.2	Struttura in fondazione-SLU	55
7.4.2.3	Struttura in elevazione-SLE Rara	57
7.4.2.4	Struttura in fondazione-SLE Rara.....	58
7.4.2.5	Struttura in elevazione-SLE Frequente.....	60
7.4.2.6	Struttura in fondazione-SLE Frequente	61
7.5	Analisi modale	63
7.6	Criteri di regolarità strutturale	66
7.7	Comportamento strutturale, tipologia strutturale, fattore di comportamento.....	66
8	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	68
8.1	Traverso	68
8.2	Montante.....	69
8.3	Fondazioni.....	70
8.3.1	Verifica capacità portante di punta	70
8.3.2	Verifiche cedimenti	70
8.3.3	Verifica capacità portante trasversale	71
9	VERIFICA DELLE CONNESSIONI	73
9.1	Connessione plinto-montante.....	73
9.2	Connessione montante-traverso	79
9.3	Connessione traverso-traverso	84
10	GIUDIZIO MOTIVATO DI AFFIDABILITÀ DEI RISULTATI.....	93

1 INQUADRAMENTO GENERALE

La presente relazione riguarda il dimensionamento dell'edificio impianti a servizio della Galleria S. Antonio, previsto nell'ambito dei lavori inerenti il progetto esecutivo di "adeguamento a due corsie della Galleria della Guinza (Lotto 2°) e del Tratto Guinza - Mercatello Ovest (Lotto 3°)". L'intervento è localizzato tra le Regioni Umbria e Marche, nei Comuni di San Giustino (PG) e Mercatello sul Metauro (PU). Più dettagliatamente, il 2° Lotto comprende la Galleria della Guinza, mentre il 3° Lotto comprende tutte le opere dall'uscita della Guinza sul lato marchigiano, fino al termine dell'intervento.

Nel seguito vengono descritte le caratteristiche generali dell'opera e vengono esposte le modalità di calcolo, i risultati delle analisi e le verifiche degli elementi strutturali.

1.1 Descrizione dell'opera

L'opera riguarda la progettazione strutturale di tre pannelli a messaggio variabile di ugual fattura. Essa prevede l'utilizzo di calcestruzzo opportunamente armato per le opere di fondazione e di acciaio per le opere in elevazione.

Le fondazioni consistono nell'impiego combinato di opere profonde e superficiali; vengono quindi previsti n°9 micropali di diametro $\Phi=0,3$ m e lunghezza $L=9,5$ m innestati su di un plinto quadrato di dimensione $4,0 \times 4,0 \times 1,0$ m. Su di esso viene posizionato un montante $500,0 \times 500,0 \times 19,0$ mm connesso tramite una piastra di ancoraggio $700,0 \times 700,0 \times 30,0$ mm, l'inserimento di n°12 tirafondi di diametro $\Phi=30,0$ mm e lunghezza $L=660,0$ mm alla cui estremità è posizionato un piatto di diametro $\Phi=100,0$ mm e spessore $sp=30,0$ mm e n°12 costole di irrigidimento. Al montante è connesso tramite saldatura a completo ripristino un moncone di dimensioni $300,0 \times 500,0 \times 19,0$ mm che si connette al traverso delle medesime dimensioni tramite una connessione formata da due piastre $500,0 \times 700,0 \times 30,0$ mm collegate tra loro con n°12 bulloni M30 cl8.8 ai quali si aggiungono n°12 costole di irrigidimento. Sull'elemento orizzontale viene posizionato un sistema di orditura composto da n°4 traversi di dimensione $100,0 \times 100,0 \times 2,0$ mm a sostegno di un grigliato di camminamento e di un parapetto adibiti a manutenzione. La segnaletica luminosa di sicurezza composta dai pannelli elettrici è posizionata sull'elemento orizzontale e fissata tramite due montanti di dimensione $100,0 \times 200,0 \times 4,0$ mm saldati a completo ripristino sugli ultimi due elementi trasversali di seconda orditura.

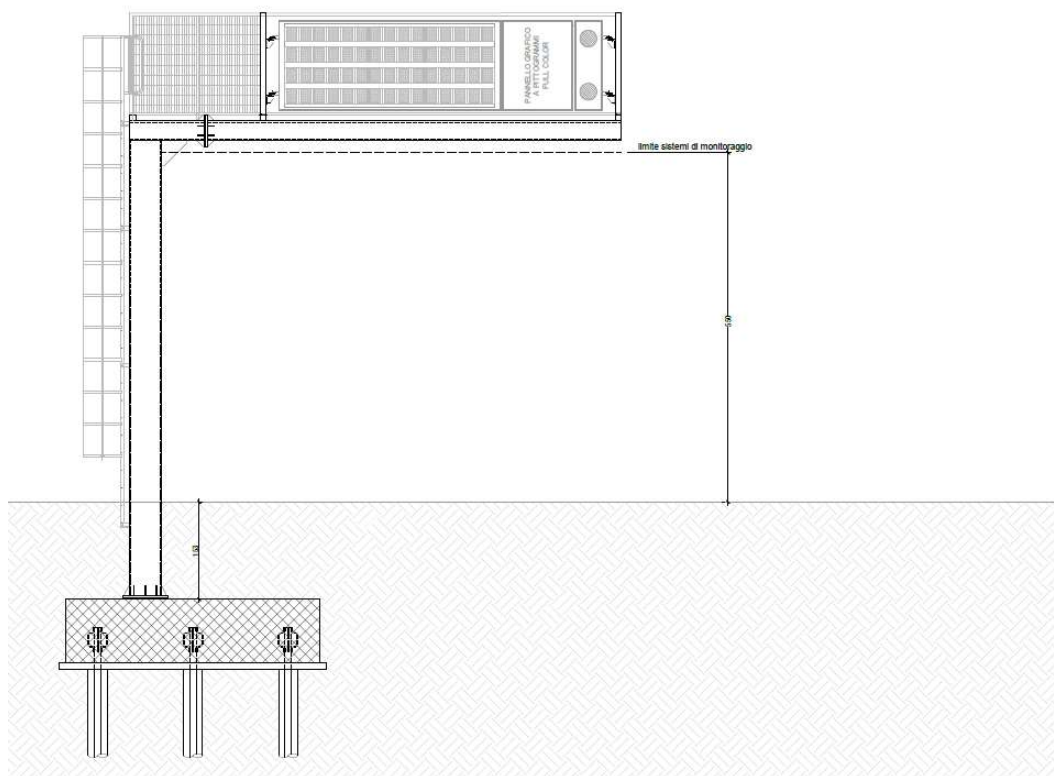


Figura 1: Carpenteria PMV A

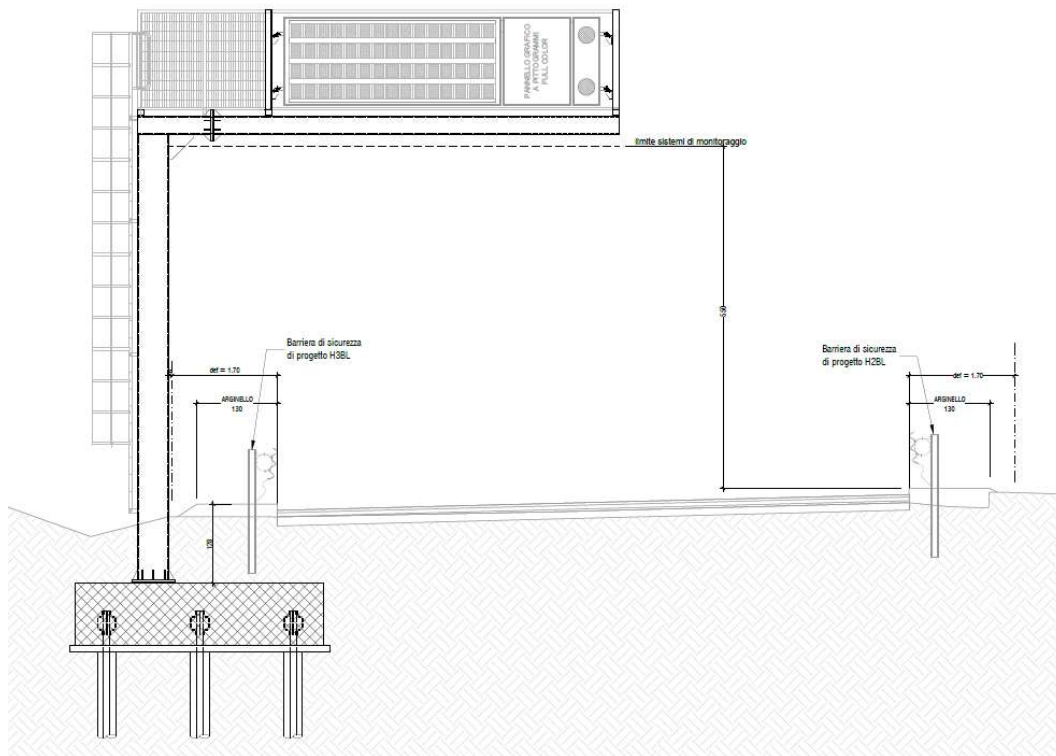


Figura 2: Carpenteria PMV B

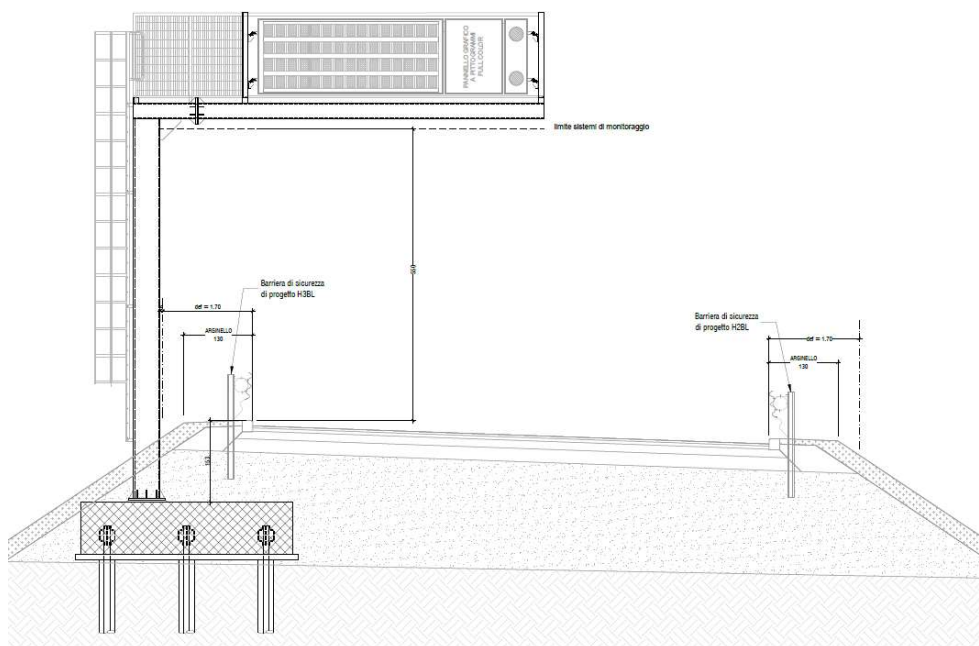


Figura 3: Carpenteria PMV C

2 NORME DI RIFERIMENTO

I seguenti codici sono presi a riferimento per la progettazione. La normativa di riferimento è il D.M. 17/01/2018; quando quest'ultima non sia sufficientemente esaustiva si fa riferimento agli Eurocodici, norme CNR e norme UNI / UNI-ISO / UNI-EN / UNI-EN-ISO.

2.1 Normativa nazionale cogente

- [1] Legge 5 novembre 1971, N. 1086 – Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- [2] D.M. 17/01/2018 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC)
- [3] C.M. 21/01/2019 n.7 – Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 17/01/2018
- [4] D.Lgs. 30/04/92, n. 285 e s.m.i. - “Nuovo Codice della Strada”
- [5] D.P.R.16/12/92 n.495 e s.m.i. “Regolamento di esecuzione e di attuazione del Codice della Strada”

2.2 Eurocodici

(Con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali, la lista che segue è indicativa e non esaustiva dei codici eventualmente utilizzati nel seguito)

Eurocodice – Criteri generali di progettazione strutturale

- [1] UNI EN 1990:2006

Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture

- [2] UNI EN 1991-1-1:2004 Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici
- [3] UNI EN 1991-1-4:2010 Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento
- [4] UNI EN 1991-1-5:2004 Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche
- [5] UNI EN 1991-1-6:2005 Parte 1-6: Azioni in generale - Azioni durante la costruzione
- [6] UNI EN 1991-1-7:2014 Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali
- [7] UNI EN 1991-2:2005 Parte 2: Carichi da traffico sui ponti
- [8] UNI EN 1991-3:2006 Parte 3: Azioni indotte da gru e da macchinari

Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo

- [9] UNI EN 1992-1-1:2015 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [10] UNI EN 1992-2:2006 Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi
- [11] UNI EN 1992-4:2018 Parte 4: Progettazione degli attacchi per utilizzo nel calcestruzzo

Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio

- [12] UNI EN 1993-1-1:2014 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [13] UNI EN 1993-1-5:2019 Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra
- [14] UNI EN 1993-1-8:2005 Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti

[15] UNI EN 1993-1-9:2005 Parte 1-9: Fatica

[16] UNI EN 1993-1-10:2005 Parte 1-10: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore

[17] UNI EN 1993-1-11:2007 Parte 1-11: Progettazione di strutture con elementi tesi

[18] UNI EN 1993-2:2007 Parte 2: Ponti di acciaio

Eurocodice 4 – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo

[19] UNI EN 1994-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

[20] UNI EN 1994-2:2006 Parte 2: Regole generali e regole per i ponti

Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica

[21] UNI EN 1997-1:2013 Parte 1: Regole generali

[22] UNI EN 1997-2:2007 Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo

Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

[23] UNI EN 1998-1:2013 Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici

[24] UNI EN 1998-2:2011 Parte 2: Ponti

[25] UNI EN 1998-5:2005 Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

2.3 Norme EN, UNI, ISO

Calcestruzzo:

[1] EN 206:2016 “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.

[2] UNI 11104:2016 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206

Acciaio per strutture metalliche e strutture composte:

[3] EN 10025-1:2004

[4] EN 10025-2:2019

[5] EN 10025-3:2019

[6] EN 10025-4:2019

[7] EN 10025-5:2019

[8] EN 10025-6:2019

[9] EN 10210-1

[10] EN 10219-1

Bulloni e chiodi:

[11] EN 15048

[12] EN 14399

[13] EN 10263

Saldature:

[14] EN ISO 4063:2011

[15] EN 1011

[16] EN ISO 9692

2.4 Norme CNR

Per eventuali ulteriori riferimenti si sono considerate anche le Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.):

- [1] CNR-DT 207 R1/2018 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni
- [2] CNR-UNI 10011/97 Costruzioni in acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- [3] CNR-UNI 10016/98 Travi composte acciaio-calcestruzzo: istruzioni per il calcolo e l'esecuzione;
- [4] CNR-UNI 10030/87 Anime irrigidite di travi in parete piena

3 VITA NOMINALE E CLASSI D'USO

La vita nominale V_N dell'opera strutturale in oggetto è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

L'effettiva durata della costruzione non è valutabile in sede progettuale, venendo a dipendere da eventi futuri fuori dal controllo del progettista. Di fatto, la grande maggioranza delle costruzioni ha avuto ed ha, anche attraverso successivi interventi di ripristino manutentivo, una durata effettiva molto maggiore della vita nominale quantificata nelle NTC.

La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella indicata nella Tab. 2.4.I del D.M.18 di seguito riportata.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

Con riferimento alla tabella precedente si evidenzia che, ai sensi e per gli effetti del Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 3685 del 21 ottobre 2003 il carattere strategico di un'opera o la sua rilevanza per le conseguenze di un eventuale collasso, sono definiti dalla classe d'uso.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso, come definite nel D.M. 18.

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Tale valore riveste notevole importanza in quanto, assumendo che la legge di ricorrenza dell'azione sismica sia un processo Poissoniano, è utilizzato per valutare, fissata la probabilità di superamento P_{VR} corrispondente allo stato limite considerato (Tabella 3.2.1 della NTC), il periodo di ritorno T_R dell'azione sismica cui fare riferimento per la verifica.

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Valori del coefficiente d'uso

Nello specifico si considera quanto segue:

► **VITA NOMINALE DI PROGETTO (TAB. 2.4.I §2.4.1 NTC 2018)**

Tipo di costruzione	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Valore minimo vita nominale di progetto V_N (anni)	50

► **CLASSI D'USO (§2.4.2 NTC 2018)**

Classe d'uso dell'opera	Classe IV
Descrizione:	

Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

► **PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA (TAB. 2.4.II §2.4.3 NTC 2018)**

Classe d'uso dell'opera	Classe IV
Coefficiente d'uso C_U	2
Periodo di riferimento V_R (anni)	100

4 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

I codici di calcolo automatico utilizzati per il calcolo e la verifica delle strutture e la redazione della presente relazione di calcolo di seguito presentati sono di sicura ed accertata validità e sono stati impiegati conformemente alle proprie caratteristiche. Tale affermazione è suffragata dai seguenti elementi:

- grande diffusione del codice di calcolo sul mercato;
- storia consolidata del codice di calcolo (svariati anni di utilizzo);
- utilizzo delle versioni più aggiornate (dopo test);
- pratica d'uso frequente in studio.

La progettazione generale si avvale inoltre di calcoli basati su fogli elettronici implementati e verificati dallo scrivente e validati, quando opportuno, mediante l'ausilio dei codici di calcolo più complessi cui sopra accennato.

I calcoli presentati in relazione sono stati sviluppati con modelli di calcolo, realizzati con l'ausilio di fogli di calcolo in Microsoft Excel e con il software di calcolo agli elementi finiti MidasGEN, di cui si allega la licenza d'uso:



5 MATERIALI

Si riportano nel seguito le principali caratteristiche dei materiali utilizzati.

5.1 Acciaio per opere in elevazione

Caratteristiche dell'acciaio

Qualità		S355JR	
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} =$	355	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} =$	490	N/mm ²
Modulo elastico	$E =$	210000	MPa
Coefficiente di espansione termica lineare	$\alpha =$	0	°C ⁻¹
Coefficiente di Poisson	$\nu =$	0,30	-
Modulo di elasticità tangenziale	$G =$	80769	MPa
Peso specifico	$w =$	7,85	kN/m ³

L'acciaio S355JR è stato utilizzato per tutte le opere in elevazione ed inoltre per i tirafondi di ancoraggio previsti alla base del montante come collegamento tra lo stesso ed il plinto di fondazione.

5.2 Calcestruzzo per opere in fondazione

Caratteristiche del calcestruzzo (§3.1 EN 1992-1-1:2005, §11.2.10 NTC 2018)

Classe di resistenza		C28/35	
Resistenza caratteristica cubica a compressione	$R_{ck} =$	35	MPa
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck} =$	29	MPa
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} =$	16.46	MPa
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione media	$f_{cm} =$	37.05	MPa
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} =$	1.98	MPa
Resistenza di progetto a trazione	$f_{ctd} =$	1.32	MPa
Resistenza media a trazione	$f_{ctm} =$	2.83	MPa
Resistenza a trazione per flessione	$f_{ctfm} =$	3.40	MPa
Modulo elastico medio	$E_{cm} =$	32588	N/mm ²
Peso specifico	$w =$	25	kN/m ³

All'interno del software di calcolo utilizzato sono stati inseriti i dati relativi al calcestruzzo con classe di resistenza C25/30 operando così a favore di sicurezza.

5.3 Acciaio per calcestruzzo ordinario

Barre ad aderenza migliorata B450C

Resistenza caratteristica a rottura	$f_{tk} =$	540	MPa
Resistenza caratteristica allo snervamento	$f_{yk} =$	450	MPa
Modulo elastico	$E_s =$	210000	N/mm ²
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_s =$	1.15	
Resistenza allo snervamento di progetto	$f_{yd} =$	391.30	MPa

5.4 Copriferro per opere in fondazione

- Tipologia acciaio per c.a.: B450C
- Classe di esposizione: XC3
- Vita utile di progetto V_N : 50 anni
- Classe calcestruzzo: C28/35
- Diametro barra plinto $\Phi = 12$ mm
- Diametro massimo aggregato $\Phi_{aggr} = 20$ mm
- Margine di sicurezza $\Delta C_{dur,y} = 0$ mm
- Riduzione copriferro (acciai inossidabili) $\Delta C_{dur,st} = 0$ mm
- Riduzione copriferro protezioni aggiuntive $\Delta C_{dur,add} = 0$ mm
- Margine di progetto per gli scostamenti $\Delta c_{dev} = 10$ mm
- Classe strutturale: S4
- Copriferro minimo $c_{min} = 25$ mm
- Copriferro nominale $c_{nom} = 40$ mm
- Diametro camicia micropali $\Phi = 108$ mm
- Spessore camicia micropali $sp = 8$ mm

Si adotta per il plinto in fondazione un copriferro di 46 mm in direzione x e 58 mm in direzione y, maggiore di quello minimo derivante dal calcolo secondo normativa.

6 ANALISI DEI CARICHI

L'analisi dei carichi agenti è condotta sulla base delle prescrizioni di norma (D.M. 17/01/2018) e dell'effettiva geometria e destinazione d'uso dell'opera oggetto della presente relazione.

6.1 Pesi propri strutturali (g_1)

6.1.1 Montante e traverso

Il peso proprio degli elementi strutturali in acciaio è computato automaticamente dal software di calcolo considerando per l'acciaio stesso un peso specifico pari a $\gamma=7,85 \text{ kN/m}^3$.

6.1.2 Plinto di fondazione

Il peso proprio dell'elemento strutturale in calcestruzzo armato è computato automaticamente dal software di calcolo considerando per il calcestruzzo stesso un peso specifico pari a $\gamma=25,00 \text{ kN/m}^3$.

6.1.3 Micropali

Il peso proprio dell'elemento strutturale in calcestruzzo armato è computato automaticamente dal software di calcolo considerando per il calcestruzzo stesso un peso specifico pari a $\gamma=25,00 \text{ kN/m}^3$.

6.2 Carichi permanenti non strutturali (g_2)

6.2.1 Segnaletica luminosa di sicurezza

► Pannelli

Alfanumerico 4x15		kN	3
Full Color 900x900		kN	0.5
Ulteriori elementi di monitoraggio e segnaletica		kN	0.5
Pesi permanenti non strutturali G2			4.0

6.3 Sovraccarico accidentale

► Sovraccarichi accidentali (Tab. 3.1.11 NTC 2018)

Categoria	Ambienti	q_k kN / m ²	Q_k kN	H_k kN / m
H-I-K	Coperture Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0.5	1.2	1

6.4 Carico neve (q_s)

► AZIONI DELLA NEVE (§3.4 NTC 2018)

Valore di riferimento del carico della neve al suolo (§3.4.2 NTC 2018)

Altitudine di riferimento a_s (m)

580

Provincia	Pesaro e Urbino
Zona	Zona I - Mediterranea
Valore di riferimento del carico della neve al suolo q_{sk} (kN/m ²)	2.60

Coefficiente di esposizione (§3.4.4 NTC 2018)

Topografia	Normale
Descrizione:	

Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi

Coefficiente di esposizione C_E	1
-----------------------------------	---

Coefficiente termico (§3.4.5 NTC 2018)

Coefficiente termico C_t	1
----------------------------	---

► COPERTURA AD UNA FALDA (§3.4.3.2 NTC 2018)

Coefficiente di forma delle coperture (coperture ad una o due falde) (§3.4.3 NTC 2018)

Angolo di inclinazione della copertura α (°)	0
Coefficiente di forma μ_1 (tab. 3.4.II)	0.8

Carico della neve sulle coperture (§3.4.1 NTC 2018)

Carico provocato dalla neve sulle coperture q_s (kN/m ²)	2.08
--	------

6.5 Azioni del vento

► AZIONI DEL VENTO (§3.3 NTC 2018)

Velocità base di riferimento (§3.3.1 NTC 2018)

Regione in cui sorge la costruzione	Marche
Altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione a_s (m)	580
Velocità base di riferimento al livello del mare $V_{b,0}$ (m/s)	27
Parametro a_0 (Tab. 3.3.I)	500
Parametro k_s (Tab. 3.3.I)	0.37
Zona (Tab. 3.3.I)	3
Coefficiente di altitudine c_a	1.06

Velocità di riferimento (§3.3.2 NTC 2018)

Periodo di ritorno di progetto T_R (anni)	50
Velocità base di riferimento $V_{b,0}$ (m/s)	27
Coefficiente di ritorno c_r	1.00
Velocità di riferimento V_r (m/s)	28.51

Pressione cinetica di riferimento (§3.3.6 NTC 2018)

Velocità di riferimento del vento V_r (m/s)	28.51
Densità dell'aria ρ (kg/m ³)	1.25
Pressione cinetica di riferimento q_r (N/m ²)	508.31

Coefficiente di esposizione (§3.3.7 NTC 2018)

Distanza dalla costa (km)	50
Altezza sul suolo del punto considerato z (m)	4
Classe di rugosità del terreno	D

Descrizione:

a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa); c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate...)

Categoria di esposizione del sito	III
Coefficiente K_r	0.2
Coefficiente z_0 (m)	0.1
Coefficiente z_{min} (m)	5
Coefficiente di topografia c_t	1
Coefficiente di esposizione c_e	2.07

Coefficiente dinamico (§3.3.9 NTC 2018)

Coefficiente dinamico c_d	1
-----------------------------	---

Coefficiente aerodinamico (§3.3.8 NTC 2018)

Coefficiente di pressione c_p	1.8
---------------------------------	-----

Pressione del vento (§3.3.4 NTC 2018)

Pressione del vento p (kN/m ²)	1.89
--	------

La pressione del vento viene applicata sul modello di calcolo sia sul montante sia sul traverso.

6.6 Azione sismica

L'azione sismica è definita dagli spettri di risposta elastici in accelerazioni orizzontali, definiti in base al §3.2.3.2.2 delle NTC18. In particolare lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T \leq T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T \leq T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T \leq T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_C}{T}
 \end{aligned}$$

$$T_D \leq T \qquad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2}$$

nelle quali T e S_e sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale.

Inoltre:

- a_g è l'accelerazione orizzontale massima al sito su suolo rigido, determinata in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} ;
- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_S \cdot S_T$, essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vd. *Tabella 3.2.V*) e S_T il coefficiente di amplificazione topografica (vd. *Tab. 3.2.V*);
- η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione $\eta = 10/(5 + \xi) \geq 0.55$, dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;
- F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2;
- T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_C = C_C \cdot T_C^*$ dove T_C^* è definito al §3.2 e C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (vd. *Tabella 3.2.IV*);
- T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, $T_B = T_C/3$;
- T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione: $T_D = 4.0 \cdot (a_g/g) + 1.6$.

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Espressioni di S_S e C_C

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Valori del coefficiente di amplificazione topografica S_T

La categoria di sottosuolo è la B.

Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche (§3.2.2 NTC 2018)

Categorie di sottosuolo

Categoria di sottosuolo

B

Caratteristiche della superficie topografica

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Condizioni topografiche

Categoria topografica

T2

Caratteristiche della superficie topografica

Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$

6.6.1 Stato Limite di Salvaguardia della Vita

► AZIONE SISMICA (§3.2 NTC 2018)

Fattore di comportamento q

1.5

Stati Limite e relative Probabilità di Superamento (§3.2.1 NTC 2018)

Stato Limite

SLV

Probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} (%)

10

Periodo di ritorno del sisma T_R (anni)

949.12

► SPETTRO DI RISPOSTA IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI

Valutazione dell'azione sismica (§3.2.3 NTC 2018)

Stato Limite

SLV

Accelerazione orizzontale massima al sito a_g (g)

0.288

Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0

2.398

Valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_c^* (s)

0.314

Peak Ground Acceleration PGA_D (g)

0.388

Amplificazione stratigrafica (Tab. 3.2.IV NTC 2018)

Categoria di sottosuolo

B

Coefficiente stratigrafico S_s

1.12

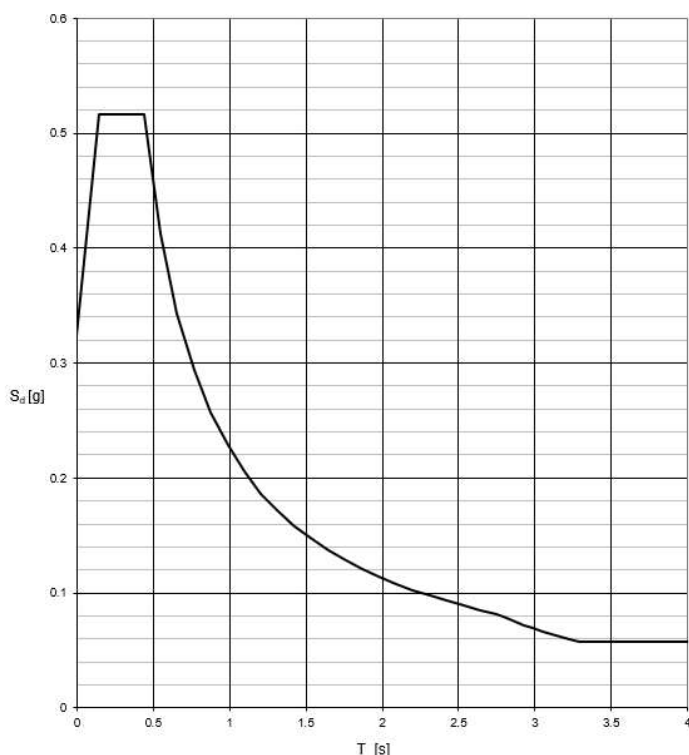
Coefficiente C_c

1.39

Amplificazione topografica (Tab. 3.2.VNTC 2018)

Categoria topografica	T2
Ubicazione dell'opera o dell'intervento	Sommità del pendio
Coefficiente di amplificazione topografica S_T	1.2
Coefficiente S	1.349
Coefficiente di smorzamento viscoso convenzionale ξ (%)	5
Fattore η	0.67
Periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante T_B (s)	0.145
Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_c (s)	0.436
Periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro T_D (s)	2.750

Spettri di risposta per le componenti orizzontali allo stato limite: SLV



6.6.2 Stato Limite di Operatività

► AZIONE SISMICA (§3.2 NTC 2018)

Fattore di comportamento q 1

Stati Limite e relative Probabilità di Superamento (§3.2.1 NTC 2018)

Stato Limite SLO

Probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} (%) 81

Periodo di ritorno del sisma T_R (anni) 60.21

► SPETTRO DI RISPOSTA IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI

Valutazione dell'azione sismica (§3.2.3 NTC 2018)

Stato Limite SLO

Accelerazione orizzontale massima al sito a_g (g) 0.098

Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 2.349

Valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_c^* (s) 0.274

Peak Ground Acceleration PGA_D (g) 0.141

Amplificazione stratigrafica (Tab. 3.2.IV NTC 2018)

Categoria di sottosuolo B

Coefficiente stratigrafico S_s 1.20

Coefficiente C_c 1.43

Amplificazione topografica (Tab. 3.2.V NTC 2018)

Categoria topografica T2

Ubicazione dell'opera o dell'intervento Sommità del pendio

Coefficiente di amplificazione topografica S_T 1.2

Coefficiente S 1.440

Coefficiente di smorzamento viscoso convenzionale ξ (%) 5

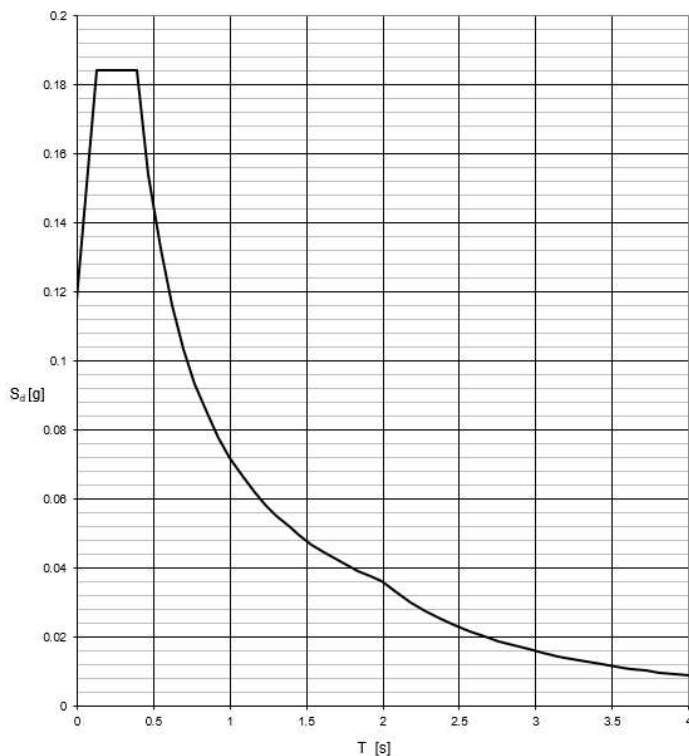
Fattore η 1.00

Periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante T_B (s) 0.130

Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C (s) 0.391

Periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro T_D (s) 1.992

Spettri di risposta per le componenti orizzontali allo stato limite: SLO



6.7 Combinazioni di carico

6.7.1 Combinazioni SLU

Allo Stato Limite Ultimo la combinazione di riferimento è quella Fondamentale:

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

dove:

G_1	valore caratt. delle azioni da peso proprio;
G_2	valore caratt. delle azioni da carichi permanenti portati;
Q_{k1}	valore caratt. dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
Q_{ki}	valore caratt. delle azioni variabili tra loro indipendenti;
P	valore caratt. delle deformazioni impresse;
$\gamma_G, \gamma_Q, \gamma_P$	coefficienti parziali per le azioni;
ψ_{0i}	coefficienti di comb. per le verifiche allo stato limite ultimo.

6.7.2 Combinazioni SLE

Agli Stati limite di Esercizio si considerano invece le seguenti:

- Combinazione caratteristica (rara)

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

- Combinazione frequente

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

- Combinazione quasi permanente

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

6.7.3 Combinazioni Sismiche

Agli Stati Limite di Operatività, Danno, Salvaguardia della Vita e Collasso i valori delle azioni vengono combinati secondo la combinazione sismica:

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

6.7.4 Combinazioni considerate

Per il caso in esame si utilizzano le combinazioni seguenti:

Name	G1	G2	G3	Q_Manutentivo	Q_Neve	Q_VX	Q_VY	Urto	Sisma X	SismaY
SLU_1	1.3	1.5	1.3							
SLU_2	1.3	1.5	1.3	1.5						
SLU_3	1.3	1.5	1.3							
SLU_4	1.3	1.5	1.3		0.75					
SLU_5	1.3	1.5	1.3	1.5	0.75					
SLU_6	1.3	1.5	1.3		0.75					
SLU_7	1.3	1.5	1.3		1.5					
SLU_8	1.3	1.5	1.3			0.9				
SLU_9	1.3	1.5	1.3				0.9			
SLU_10	1.3	1.5	1.3	1.5		0.9				
SLU_11	1.3	1.5	1.3	1.5			0.9			
SLU_12	1.3	1.5	1.3			0.9				
SLU_13	1.3	1.5	1.3				0.9			
SLU_14	1.3	1.5	1.3			1.5				

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

SLU_15	1.3	1.5	1.3				1.5			
SLU_16	1.3	1.5	1.3			-0.9				
SLU_17	1.3	1.5	1.3				-0.9			
SLU_18	1.3	1.5	1.3	1.5		-0.9				
SLU_19	1.3	1.5	1.3	1.5			-0.9			
SLU_20	1.3	1.5	1.3			-0.9				
SLU_21	1.3	1.5	1.3				-0.9			
SLU_22	1.3	1.5	1.3			-1.5				
SLU_23	1.3	1.5	1.3				-1.5			
SLU_24	1.3	1.5	1.3		0.75	0.9				
SLU_25	1.3	1.5	1.3		0.75		0.9			
SLU_26	1.3	1.5	1.3	1.5	0.75	0.9				
SLU_27	1.3	1.5	1.3	1.5	0.75		0.9			
SLU_28	1.3	1.5	1.3		0.75	0.9				
SLU_29	1.3	1.5	1.3		0.75		0.9			
SLU_30	1.3	1.5	1.3		0.75	1.5				
SLU_31	1.3	1.5	1.3		0.75		1.5			
SLU_32	1.3	1.5	1.3		0.75	-0.9				
SLU_33	1.3	1.5	1.3		0.75		-0.9			
SLU_34	1.3	1.5	1.3	1.5	0.75	-0.9				
SLU_35	1.3	1.5	1.3	1.5	0.75		-0.9			
SLU_36	1.3	1.5	1.3		0.75	-0.9				
SLU_37	1.3	1.5	1.3		0.75		-0.9			
SLU_38	1.3	1.5	1.3		0.75	-1.5				
SLU_39	1.3	1.5	1.3		0.75		-1.5			
SLU_40	1.3	1.5	1.3		1.5	0.9				
SLU_41	1.3	1.5	1.3		1.5		0.9			
SLU_42	1.3	1.5	1.3		1.5	-0.9				
SLU_43	1.3	1.5	1.3		1.5		-0.9			
ACC_1	1	1	1					1		
SLV_1	1	1	1	0	0	0	0		1	0.3
SLV_2	1	1	1	0	0	0	0		-1	0.3
SLV_3	1	1	1	0	0	0	0		1	-0.3
SLV_4	1	1	1	0	0	0	0		-1	-0.3
SLV_5	1	1	1	0	0	0	0		0.3	1
SLV_6	1	1	1	0	0	0	0		-0.3	1
SLV_7	1	1	1	0	0	0	0		0.3	-1
SLV_8	1	1	1	0	0	0	0		-0.3	-1
SLE_RARA_1	1	1	1							

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

SLE_RARA_2	1	1	1	1					
SLE_RARA_3	1	1	1						
SLE_RARA_4	1	1	1		0.5				
SLE_RARA_5	1	1	1	1	0.5				
SLE_RARA_6	1	1	1		0.5				
SLE_RARA_7	1	1	1		1				
SLE_RARA_8	1	1	1			0.6			
SLE_RARA_9	1	1	1				0.6		
SLE_RARA_10	1	1	1	1		0.6			
SLE_RARA_11	1	1	1	1			0.6		
SLE_RARA_12	1	1	1			0.6			
SLE_RARA_13	1	1	1				0.6		
SLE_RARA_14	1	1	1			-0.6			
SLE_RARA_15	1	1	1				-0.6		
SLE_RARA_16	1	1	1	1		-0.6			
SLE_RARA_17	1	1	1	1			-0.6		
SLE_RARA_18	1	1	1			-0.6			
SLE_RARA_19	1	1	1				-0.6		
SLE_RARA_20	1	1	1			1			
SLE_RARA_21	1	1	1				1		
SLE_RARA_22	1	1	1			-1			
SLE_RARA_23	1	1	1				-1		
SLE_RARA_24	1	1	1		0.5	0.6			
SLE_RARA_25	1	1	1		0.5		0.6		
SLE_RARA_26	1	1	1	1	0.5	0.6			
SLE_RARA_27	1	1	1	1	0.5		0.6		
SLE_RARA_28	1	1	1		0.5	0.6			
SLE_RARA_29	1	1	1		0.5		0.6		
SLE_RARA_30	1	1	1		0.5	-0.6			
SLE_RARA_31	1	1	1		0.5		-0.6		
SLE_RARA_32	1	1	1	1	0.5	-0.6			
SLE_RARA_33	1	1	1	1	0.5		-0.6		
SLE_RARA_34	1	1	1		0.5	-0.6			
SLE_RARA_35	1	1	1		0.5		-0.6		
SLE_RARA_36	1	1	1		0.5	1			
SLE_RARA_37	1	1	1		0.5		1		
SLE_RARA_38	1	1	1		0.5	-1			
SLE_RARA_39	1	1	1		0.5		-1		
SLE_RARA_40	1	1	1		1	0.6			

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

SLE_RARA_41	1	1	1		1		0.6			
SLE_RARA_42	1	1	1		1		-0.6			
SLE_RARA_43	1	1	1		1		-0.6			
SLE_FREQ_1	1	1	1							
SLE_FREQ_2	1	1	1							
SLE_FREQ_3	1	1	1							
SLE_FREQ_4	1	1	1		0.2					
SLE_FREQ_5	1	1	1				0.2			
SLE_FREQ_6	1	1	1				0.2			
SLE_FREQ_7	1	1	1				-0.2			
SLE_FREQ_8	1	1	1				-0.2			
SLE_FREQ_9	1	1	1		0.2		0.2			
SLE_FREQ_10	1	1	1		0.2		0.2			
SLE_FREQ_11	1	1	1		0.2		-0.2			
SLE_FREQ_12	1	1	1		0.2		-0.2			
SLE_QP	1	1	1							

7 MODELLO DI CALCOLO E ANALISI DEI RISULTATI

7.1 Criteri di modellazione e analisi di riferimento

Il montante ed il traverso principali sono stati modellati come elementi "Beam", la struttura secondaria è stata modellata solamente come carico puntuale laddove è previsto il loro posizionamento. Per quanto riguarda la modellazione delle fondazioni, il plinto è stato modellato con elementi "Plate" ed i micropali come elementi "Beam".

Sono stati inseriti Rigid Link che collegano la base della struttura metallica con le teste dei micropali, in modo da trasferire le sollecitazioni ai micropali stessi, e utilizzarle come input per il dimensionamento degli stessi.

Le condizioni di vincolo sono rappresentate da molle orizzontali distribuite lungo la lunghezza dei pali e da molle verticali inserite in punta dei pali stessi. Si assume che la costante elastica del terreno aumenti linearmente con la profondità secondo l'equazione seguente:

$$k_h = n_h \cdot \frac{x}{D}$$

dove per n_h si assume il valore 5000 [kN/m³] per i terreni granulari.

I valori da assegnare alle molle concentrate al fondo del palo per tenere conto del contatto non rigido del palo di punta vengono stimati secondo le formule di Randolph e Wroth (1978) per la costante di elasticità laterale verticale (k_v) e della punta del palo (k_p); si sono sommati poi i due contributi considerando una molla unica alla base del palo.

$$k_v = 2\pi G / \zeta$$

Dove:

$$\zeta = \ln(2,5(1 - \nu) L / r_0)$$

$$k_p = 2dE / (1 - \nu^2)$$

Per il caso in esame si ha:

- molle orizzontali:

N. Stato	Tipologia	Addensamento	z [m]	d palo [m]	c_u [kPa]	n_h [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	k_h [kN/m]	Media sullo strato [kN/m]
1	incoerente	da medio a molto addensato	0.00	0.300		5000	0.00	0.00	117753
1	incoerente	da medio a molto addensato	1.00	0.300		5000	16666.67	15700.00	
1	incoerente	da medio a molto addensato	2.00	0.300		5000	33333.33	31400.00	
1	incoerente	da medio a molto addensato	3.00	0.300		5000	50000.00	47100.00	
1	incoerente	da medio a molto addensato	4.00	0.300		5000	66666.67	62800.00	
1	incoerente	da medio a molto addensato	5.00	0.300		5000	83333.33	78500.00	
1	incoerente	da medio a molto addensato	6.00	0.300		5000	100000.00	94200.00	
1	incoerente	da medio a molto addensato	7.00	0.300		5000	116666.67	109900.00	

Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

1	incoerente	da medio a molto addensato	8.00	0.300	5000	133333.33	125600.00
1	incoerente	da medio a molto addensato	9.00	0.300	5000	150000.00	141300.00

- Molle verticali:

$$k_v = 200000 \text{ kN/m}$$

I modelli di calcolo sono stati realizzati in ottemperanza ai seguenti punti delle NTC 2018:

- Il modello della struttura è tridimensionale a rappresentare in modo adeguato le effettive distribuzioni spaziali di massa, rigidità e resistenza. Gli elementi strutturali considerati "secondari" e gli elementi non strutturali (elementi di segnaletica luminosa di sicurezza), sono stati rappresentati in termini di carico puntuale.
- La rigidità degli elementi strutturali è stata rappresentata con modelli lineari. Per tenere conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, al centro di massa si è attribuita una eccentricità accidentale (0,05 volte la dimensione dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell'azione sismica) rispetto alla sua posizione quale deriva dal calcolo.
- Si è eseguita un'analisi lineare, dopo aver verificato che le non linearità geometriche possono essere trascurate ($\theta < 0.1$) (vedi verifica nei tabulati di calcolo), con riferimento agli spettri di progetto ottenuti assumendo un fattore di struttura q unitario (§3.2.3.5).
- L'analisi sismica di riferimento per il progetto in esame è l'analisi modale con spettro di risposta ("Analisi dinamica lineare" §7.2.6 NTC2018), che consiste nei punti seguenti:
 - determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale);
 - calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;
 - combinazione di tali effetti.

Lo zero sismico è assunto a quota estradosso fondazione. Sono stati considerati tutti i modi con massa partecipante significativa, in particolare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore allo 85%. Gli effetti relativi ai singoli modi vengono combinati sia attraverso il metodo SRSS che CQC, optando per i risultati più conservativi.

Le caratteristiche geometrico-inerziali delle sezioni degli elementi strutturali vengono riassunte nei prospetti seguenti.

- Montante:

$A \text{ (m}^2\text{)}$	$A_{sy} \text{ (m}^2\text{)}$	$A_{sz} \text{ (m}^2\text{)}$	$z \text{ (+) (m)}$	$z \text{ (-) (m)}$
0.037	0.019	0.011	0.250	0.250
$I_{xx} \text{ (m}^4\text{)}$	$I_{yy} \text{ (m}^4\text{)}$	$I_{zz} \text{ (m}^4\text{)}$	$y \text{ (+) (m)}$	$y \text{ (-) (m)}$
0.002	0.001	0.001	0.250	0.250

- Traverso:

$A \text{ (m}^2\text{)}$	$A_{sy} \text{ (m}^2\text{)}$	$A_{sz} \text{ (m}^2\text{)}$	$z \text{ (+) (m)}$	$z \text{ (-) (m)}$

0.029	0.125	0.125	0.150	0.150
$I_{xx} (m^4)$	$I_{yy} (m^4)$	$I_{zz} (m^4)$	$y (+) (m)$	$y (-) (m)$
0.00091	0.00041	0.00097	0.250	0.250

7.2 Criteri di verifica

Le verifiche svolte sugli elementi strutturali primari al fine di valutarne la resistenza nei confronti delle azioni di progetto precedentemente descritte sono coerenti con quanto prescritto al capitolo 4, 6 e 7 delle Norme Tecniche (D.M. 17 Gennaio 2018).

Secondo quanto riportato al §12 delle NTC, per quanto non diversamente specificato dalla Normativa si è fatto riferimento agli Eurocodici strutturali pubblicati dal CEN, con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali o, in mancanza di esse, nella forma internazionale EN.

Per le verifiche ci si è avvalsi dell'ausilio di fogli di calcolo Excel, implementati secondo le prescrizioni riportate nelle NTC o in alternativa negli Eurocodici, come sopra descritto, oltre che di software di calcolo di comprovata affidabilità.

Il metodo di verifica adottato è il Metodo Semiprobabilistico agli Stati limite.

7.2.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi

7.2.1.1 Verifica per sollecitazioni di presso-flessione

Come previsto dal DM 17.01.2018 al § 4.1.2.3.4.2 con riferimento alla generica sezione la verifica di resistenza allo SLU si esegue controllando che:

$$M_{Rd} = M_{Rd} (N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove:

- M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ;
- N_{Ed} è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;
- M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

7.2.1.2 Verifiche a taglio

Per la verifica a sollecitazione tagliante si fa riferimento al caso di *elementi senza armature resistenti a taglio*, secondo quanto previsto dal Ministero delle Infrastrutture nel D.M. 17.01.2018 al punto 4.1.2.3.5.1.

Indicato con V_{Ed} il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente allo SLU, si verifica controllando che risulti:

$$V_{Ed} < V_{Rd} = \max \left\{ \left(0.18 \cdot k \cdot \frac{\sqrt{100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck}}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$$

dove:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \quad \text{con l'altezza utile della sezione espressa in mm}$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot \sqrt{k^3} \cdot \sqrt{f_{ck}}$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02 \quad \text{con } b_w \text{ larghezza minima della sezione espressa in mm}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0.2 \cdot f_{cd} \quad \text{tensione media di compressione nella sezione}$$

I carichi applicati alla struttura possono essere considerati come carichi distribuiti, pertanto la verifica al taglio viene condotta nella sezione dell'elemento con distanza non minore di d dal bordo dell'appoggio in accordo al §6.2.1 dell'EC2.

Qualora la verifica non andasse a buon fine è necessario ricorrere ad *elementi provvisti di armature resistenti a taglio* secondo quanto previsto al punto 4.1.2.1.3.2 del già citato D.M.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio-trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \vartheta) \cdot \sin \alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio-compressione" si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \vartheta}{1 + \text{ctg}^2 \vartheta}$$

La resistenza a taglio dell'elemento strutturale è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd} ; V_{Rcd})$$

Nelle precedenti espressioni, i nuovi parametri, introdotti rispetto al caso di elementi sprovvisti di armatura a taglio, assumono il seguente significato:

ϑ	inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento con la limitazione $1.0 \leq \text{ctg} \vartheta \leq 2.5$
α	inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento
A_{sw}	area dell'armatura trasversale
s	interasse tra due armature trasversali consecutive
$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$	resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima
α_c	coefficiente maggiorativi pari a:
1	per membrature non compresse
$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 \cdot f_{cd}$
1.25	per $0.25 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0.5 \cdot f_{cd}$
$2.5 \cdot (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0.5 \cdot f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

7.2.2 Verifiche agli Stati Limite di esercizio

Le verifiche agli SLE si risolvono nel controllare che i valori di tensione nei materiali siano inferiori ai limiti di normativa (punto 4.1.2.2.5 del D.M. 17.01.2018).

7.2.2.1 Verifiche a fessurazione

7.2.2.1.1 Premessa

Viene eseguita la verifica allo stato limite di apertura delle fessure con riferimento al D.M. 17.01.2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni” (§ 4.1.2.2.4).

Prima di procedere alle verifiche a fessurazione è necessario definire delle apposite combinazioni di carico ed effettuare una valutazione relativa al grado di protezione delle armature metalliche contro la corrosione (in termini di condizioni ambientali e sensibilità delle armature stesse alla corrosione).

Si distinguono i seguenti casi:

- **Combinazioni di azioni:**
 - Frequente (indicata con FR);
 - Quasi Permanente (indicata con QP).
- **Condizioni ambientali:**
 - Ordinarie;
 - Aggressive;
 - Molto Aggressive.
- **Sensibilità delle armature alla corrosione:**
 - Sensibili (acciai da precompresso);
 - Poco sensibili (acciai ordinari).

Come criteri di scelta dello stato limite di fessurazione si fa riferimento alla tabella di seguito riportata.

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi perman.	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi perman.	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi perman.	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Si considerano i seguenti valori limite di apertura delle fessure:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm};$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm};$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}.$$

Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

Con l'ausilio del programma di calcolo "STS Stati Limite", si procede al calcolo del valore caratteristico dell'ampiezza della fessura w_d , confrontandolo con i valori limite precedentemente definiti.

Il calcolo è condotto attraverso i seguenti passaggi:

- Valutazione della distanza media tra le fessure (Δ_{sm});
- Valutazione della deformazione media delle barre d'armatura (ϵ_{sm});
- Valutazione dell'ampiezza delle fessure (valore medio e valore di calcolo).

Per il calcolo di Δ_{sm} e ϵ_{sm} si utilizzano criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica: in particolare si fa riferimento alla Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n°7 del 21/01/2019 ("Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018").

7.2.2.1.2 Valutazione dell'ampiezza delle fessure (valore medio e valore di calcolo)

L'ampiezza media delle fessure è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ϵ_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

$$w_m = \epsilon_{sm} \cdot \Delta_{sm}$$

Si ricava quindi il valore di calcolo di apertura delle fessure, da confrontare con i valori nominali w_1 , w_2 e w_3 riportati precedentemente:

$$w_d = 1.7 \cdot w_m$$

7.2.2.1.3 Ampiezza delle fessure

In base alla tabella 4.1.III del D.M. 17.01.2018, la classe di esposizione individuata per le parti in calcestruzzo rivolte all'interno dei tombini idraulici riconduce a condizione ambientale del tipo "Aggressiva". Pertanto, secondo la tabella 4.1.IV:

Elemento strutturale	Classe di esposizione	Condizioni ambientali	Combinazione	Armatura poco sensibile	
				Stato Limite	w_d
Gettato in opera	XC4 – XF3	Aggressive	Frequente	Apertura fessure	$\leq w_3 = 0.3 \text{ mm}$
			Quasi permanente	Apertura fessure	$\leq w_2 = 0.2 \text{ mm}$

Per quanto riguarda invece le parti in calcestruzzo perennemente a contatto con il terreno caratterizzanti quindi l'esterno dei tombini idraulici, si può far riferimento a una condizione ambientale del tipo "Ordinaria" dovuta alla classe di esposizione XC2 ("Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo") o XC3 ("Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta"). Ne risulta che i limiti di apertura delle fessure sono i seguenti:

Elemento strutturale	Classe di esposizione	Condizioni ambientali	Combinazione	Armatura poco sensibile	
				Stato Limite	w_d

Gettato in opera	XC2 – XF1	Ordinarie	Frequente	Apertura fessure	$\leq w_3 = 0.4 \text{ mm}$
	XC3 – XF1		Quasi permanente	Apertura fessure	$\leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$

7.2.3 Verifica della capacità portante

Le verifiche delle fondazioni su micropali sono condotte secondo il metodo degli Stati Limite, come prescritto dalle “Nuove norme tecniche sulle costruzioni” del 17 gennaio 2018.

7.2.3.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi

Le verifiche sono effettuate con riferimento ai seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO):

collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;

collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;

collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione;

stabilità globale.

SLU di tipo strutturale (STR)

raggiungimento della resistenza dei pali;

raggiungimento della resistenza della struttura di collegamento dei pali.

Per ogni stato limite considerato si accerta che sia soddisfatta la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d e R_d rappresentano rispettivamente le sollecitazioni e le resistenze di progetto.

In accordo con le NTC 2018 le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) delle opere in oggetto sono effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione A1+M1+R3 (dove il segno '+' in ossequio alla normativa ha il significato di 'combinato con').

I fattori di sicurezza parziali sulle azioni (A1), sui parametri geotecnici (M1) e sulle resistenze (R3) sono riportati nelle **Tabella 1, Tabella 2, Tabella 3 e Tabella 4.**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente	EQU	(A1)	(A2)
---------	---------	--------------	-----	------	------

		Parziale			
		γ_F (o γ_E)			
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ per la spinta delle terre si faccia riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tabella 1 - Coefficienti parziali γ_F e γ_E per le azioni o per l'effetto delle azioni (Tabella 6.2.I NTC 18)

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_Y	γ_Y	1,0	1,0

Tabella 2 - Coefficienti parziali γ_M per i parametri geotecnici del terreno (Tabella 6.2.II NTC 18)

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3

Laterale compressione	in γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25
(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto				

Tabella 3 - Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali (Tabella 6.4.II NTC 18)

Resistenza	Simbolo	Coefficiente parziale (R3)
Trasversale	γ_T	1,3

Tabella 4 - Coefficienti parziali γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali (Tabella 6.4.VI NTC 18)

- Condizioni sismiche

Le verifiche di capacità portante dei micropali in presenza di azioni sismiche consistono nel confronto tra le azioni (forza assiale e forza trasversale sul micropalo) e le corrispondenti resistenze, nel rispetto della condizione $E_d \leq R_d$ ponendo unitari i coefficienti amplificativi delle azioni e dei materiali e considerando i medesimi coefficienti di cui al paragrafo 7.2.3.1 per le resistenze.

- Verifica di resistenza nei confronti dei carichi assiali

La verifica di resistenza nei confronti dei carichi assiali per i micropali è soddisfatta se le azioni sollecitanti di progetto $N_{c,Ed}$ di compressione e $N_{t,Ed}$ di trazione risultano inferiori alle rispettive resistenze di progetto $R_{c,d}$ e $R_{t,d}$.

$$N_{c,Ed} \leq R_{c,d}$$

$$N_{t,Ed} \leq R_{t,d}$$

Il valore di progetto della resistenza R_d si ottiene a partire dal valore della resistenza caratteristica $R_{c,k}$ applicando i coefficienti presentati al paragrafo 7.2.3.1.

$$R_{c,d} = \frac{R_k}{\gamma_s}$$

$$R_{t,d} = \frac{R_k}{\gamma_{st}}$$

dove:

$R_{c,d}$ capacità portante di progetto in compressione

$R_{t,d}$ capacità portante di progetto in trazione

La capacità portante caratteristica del singolo micropalo è valutata ipotizzando che tutta la resistenza si sviluppi per aderenza laterale, mediante la seguente espressione:

$$R_k = R_{c,k}$$

dove:

$R_{c,k}$ capacità portante caratteristica per attrito laterale

Nel caso di resistenza caratteristica ottenuta tramite metodi di calcolo analitici, la vigente normativa prevede di calcolare la resistenza caratteristica R_k a partire dalle resistenze di calcolo ottenute considerando i parametri geotecnici medi e minimi dei terreni, opportunamente fattorizzate:

$$R_{c,k} = \min \left(\frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right)$$

I coefficienti ξ assumono i valori riportati **Tabella 5** in funzione del numero di verticali indagate.

numero verticali indagate	1	2	3	4	5	7	>10
ξ_3	1.7	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ_4	1.7	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Tabella 5 - Fattore di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate (Tabella 6.4.IV NTC 18)

La resistenza di calcolo $R_{c,cal}$ è valutata mediante la seguente formula:

$$R_{c,cal} = \sum_i \tau_{lim\ i} \cdot \pi \cdot \alpha_i \cdot \phi_{perf} \cdot L_i$$

dove:

$\tau_{lim\ i}$ aderenza tra l'i-esimo strato di terreno e il micropalo

α_i coefficiente empirico funzione del terreno e delle modalità esecutive

ϕ_{perf} diametro di perforazione del micropalo

L_i lunghezza del tratto di micropalo nell'i-esimo strato di terreno

- Verifica di resistenza nei confronti di carichi trasversali

Affinché la verifica allo Stato Limite Ultimo di tipo geotecnico nei riguardi di carichi orizzontali sia soddisfatta deve risultare che la sommatoria delle pressioni esercitate dal terreno a contatto con il palo (sollecitante), sia inferiore alla resistenza trasversale di progetto H_{lim} .

$$H_{lim} \geq \sum p(\text{sollecitante})$$

Si evidenzia che le pressioni dovute alla reazione del terreno possono svilupparsi, in funzione del comportamento del palo alle azioni orizzontali, o lungo tutto il fusto del palo (comportamento di palo corto) o interessando principalmente una sola porzione dello stesso (comportamento di palo lungo).

In alternativa alla procedura sopra riportata, per il calcolo della capacità portante trasversale è possibile fare riferimento alla formulazione analitica di Broms (1964).

Secondo tale formulazione si considerano tre possibili meccanismi di rottura (a palo "corto", "intermedio" e "lungo") e la resistenza di calcolo del palo nei confronti delle sollecitazioni orizzontali viene determinata con riferimento alla seguente formula:

$$H_{lim,d} = \frac{\min(H_1; H_2; H_3)}{\xi \gamma_T}$$

dove:

ξ = fattore di correlazione;

γ_T = coefficiente parziale per la verifica agli SLU di pali soggetti a carichi trasversali;

adottando l'Approccio 2 di progetto, in accordo alla Tabella 6.4.VI delle NTC 2018, si assume un valore di γ_T pari a 1.3.

H_1 = carico limite nell'ipotesi di rottura a palo "corto", pari a: $H_1 = 1.5 L^2 k_p \gamma D$

H_2 = carico limite nell'ipotesi di rottura a palo "intermedio", pari a: $H_2 = \left[0.5 \left(\frac{L}{D} \right)^2 + \frac{M_y}{k_p \gamma D^4 L} \right] k_p \gamma D^3$

$$H_3 = \text{carico limite nell'ipotesi di rottura a palo "lungo", pari a: } H_3 = \left[3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma D^4} \right]^{1/3} k_p \gamma D^3$$

Nelle precedenti formule i simboli riportati assumo il seguente significato:

γ = peso specifico del terreno

k_p = coefficiente di spinta passiva del terreno

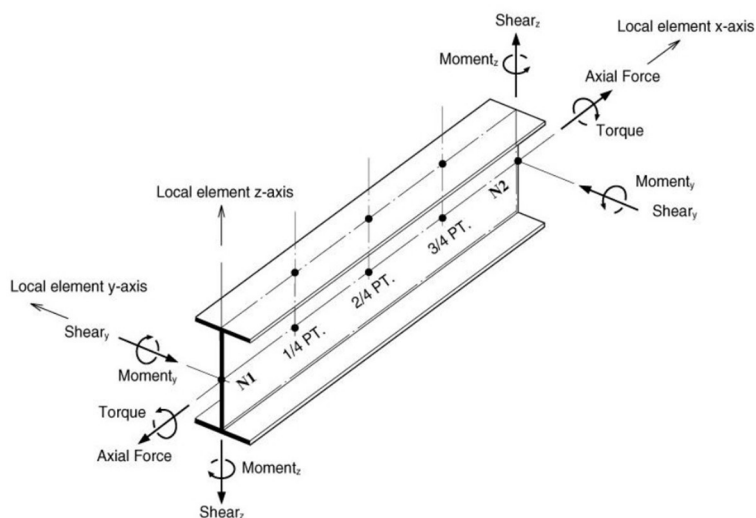
D = diametro del palo di fondazione

L = lunghezza del palo di fondazione

M_y = momento di plasticizzazione della sezione armata del palo.

7.3 Convenzioni di segno

Si adottano le seguenti convenzioni di segno per gli elementi beam.



Mx: Torsional moment about the element's local x-axis

Fy: Shear force in the element's local y-direction

Fz: Shear force in the element's local z-direction

Fyz: Shear forces, Fy & Fz displayed simultaneously

My: Bending moment about the element's local y-axis

Mz: Bending moment about the element's local z-axis

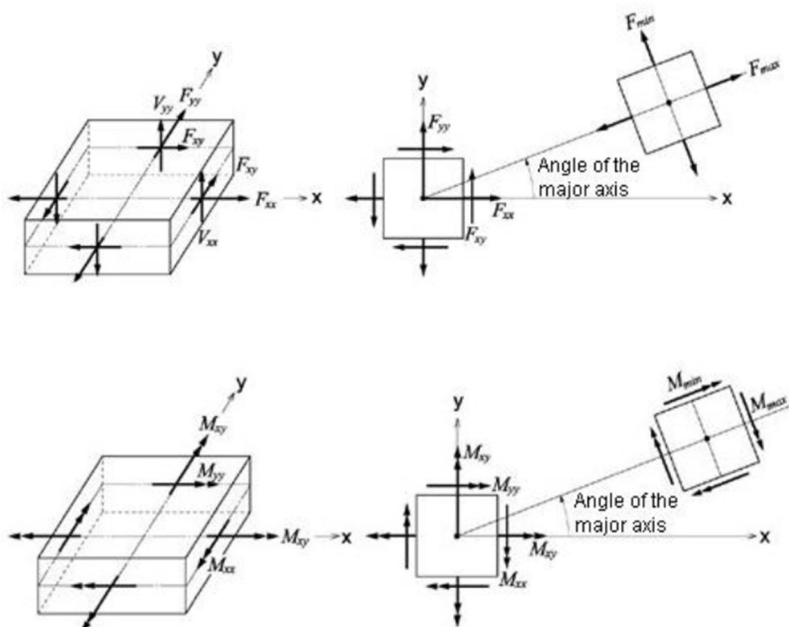
Myz: Bending moment, My & Mz displayed simultaneously

Mb: Bi-moment

Mt: Twisting moment

Mw: Warping Moment

Per gli elementi plates invece si faccia riferimento a quanto esposto nel proseguo:



Fxx: Axial force per unit width in the element's local or UCS x-direction (Perpendicular to local y-z plane)

Fyy: Axial force per unit width in the element's local or UCS y-direction (Perpendicular to local x-z plane)

Fxy: Shear force per unit width in the element's local or UCS x-y direction (In-plane shear)

Fmax: Maximum Principal Axial Force per unit width

Fmin: Minimum Principal Axial Force per unit width

FMax: Maximum absolute Principal Axial Force per unit width

Mxx: Bending moment per unit width in the direction of the element's local or UCS x-axis (Out-of-plane moment about local y-axis)

Myy: Bending moment per unit width in the direction of the element's local or UCS y-axis (Out-of-plane moment about local x-axis)

Mxy: Torsional moment per unit width about the element's local or UCS x-y plane

Mmax: Maximum principal bending moment per unit width

Mmin: Minimum principal bending moment per unit width

MMax: Maximum absolute Principal Moment per unit width (Larger magnitude of Mmax and Mmin)

Vxx: Shear force per unit width in the thickness direction along the element's local or UCS y-z plane

Vyy: Shear force per unit width in the thickness direction along the element's local or UCS x-z plane

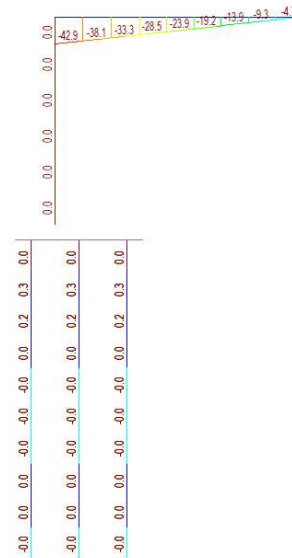
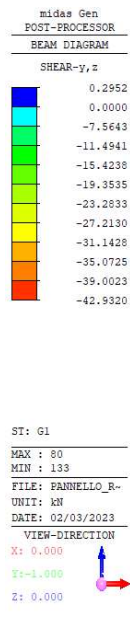
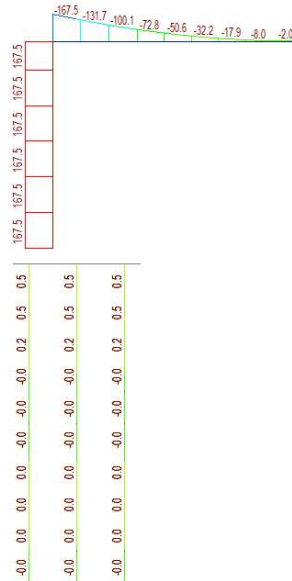
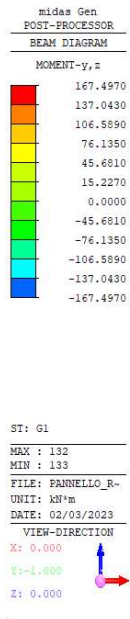
VMax: Maximum absolute shear force per unit width (Larger magnitude of Vxx and Vyy)

7.4 Sollecitazioni agenti

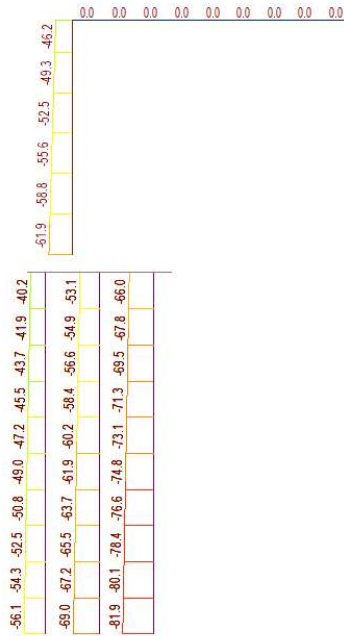
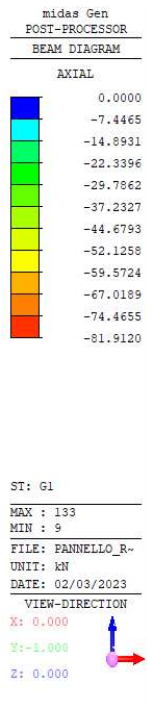
7.4.1 Condizioni elementari di carico

- **G₁**

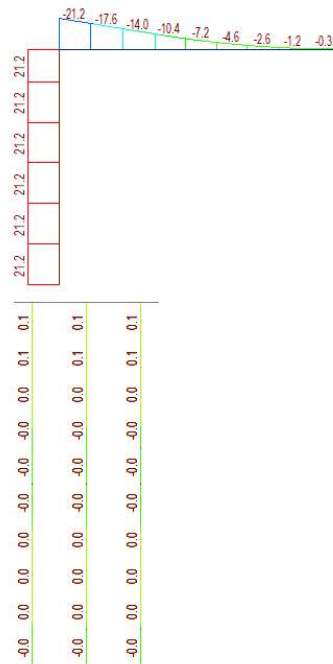
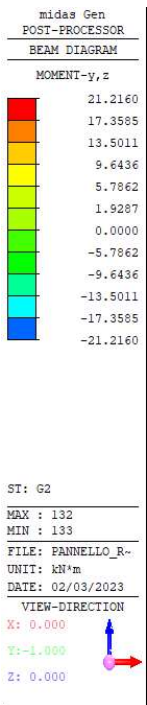
Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile



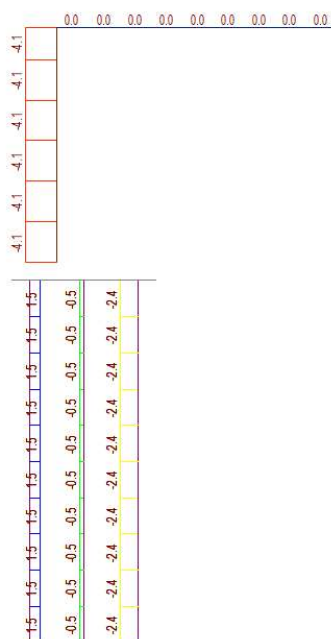
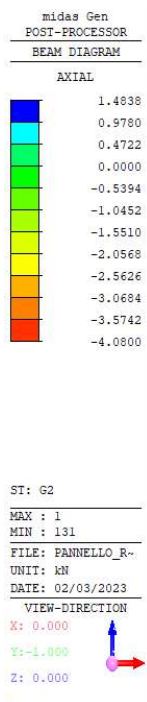
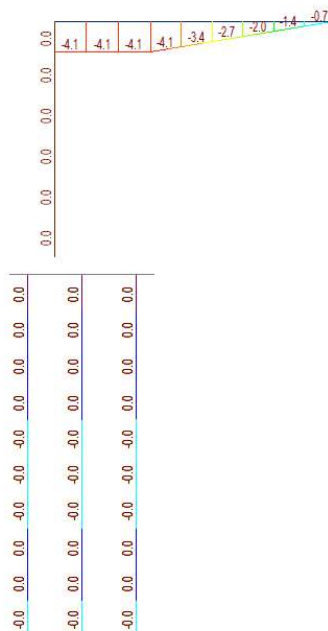
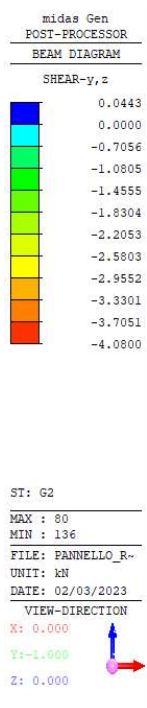
Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile



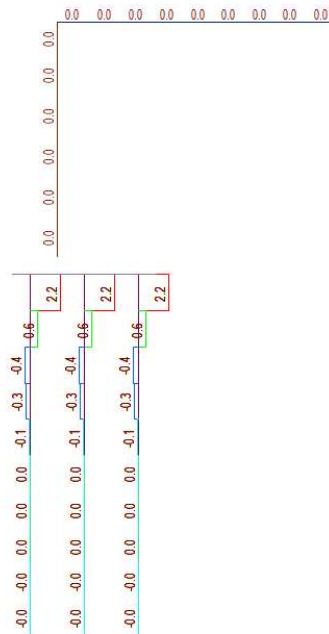
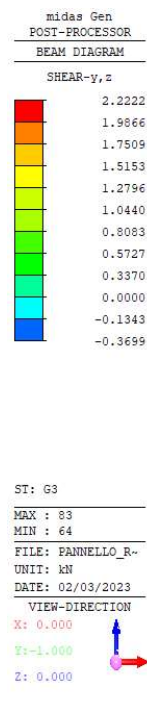
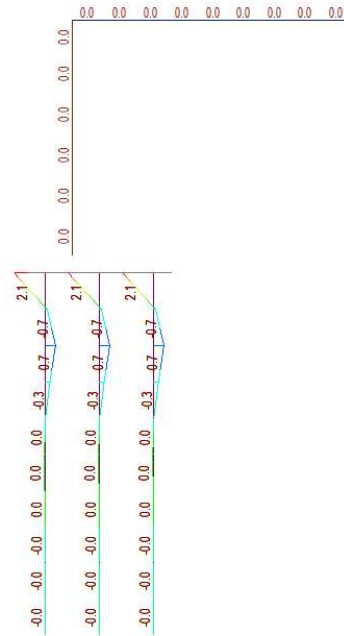
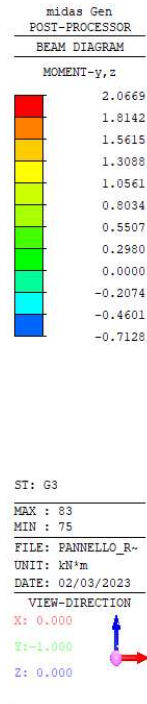
• **G₂**



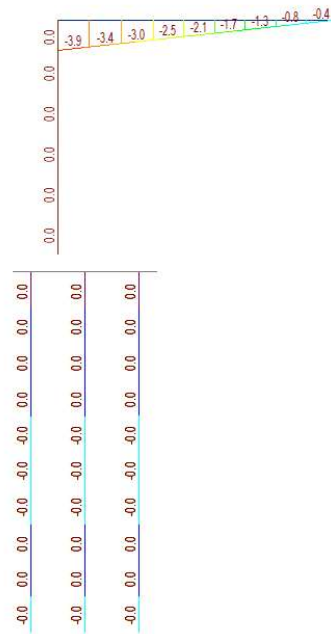
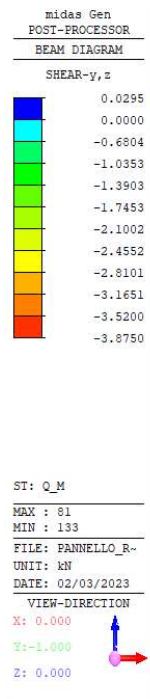
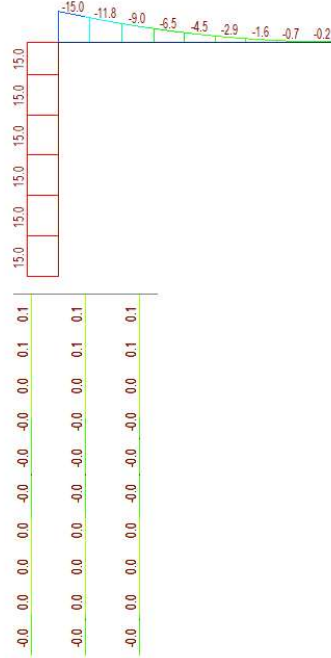
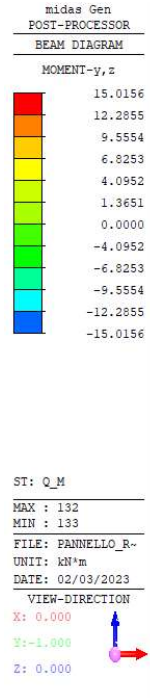
Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile



• **G₃**

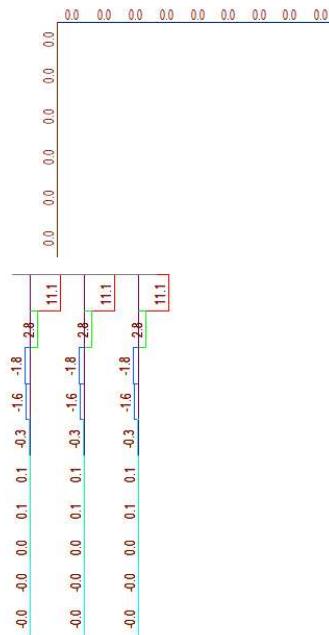
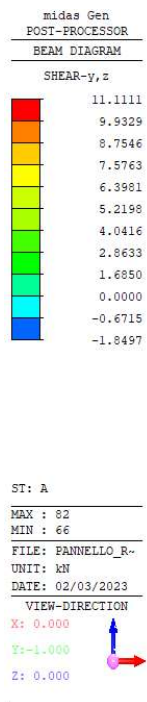
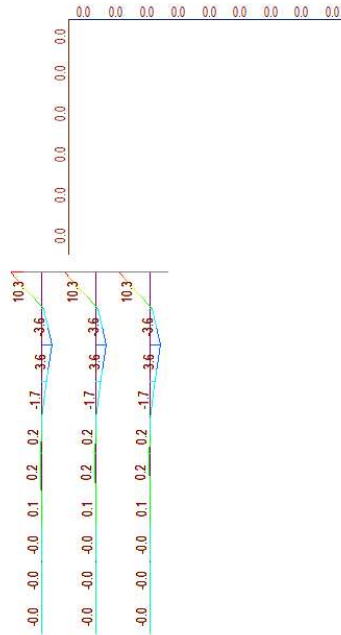
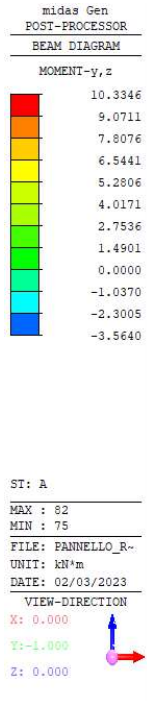


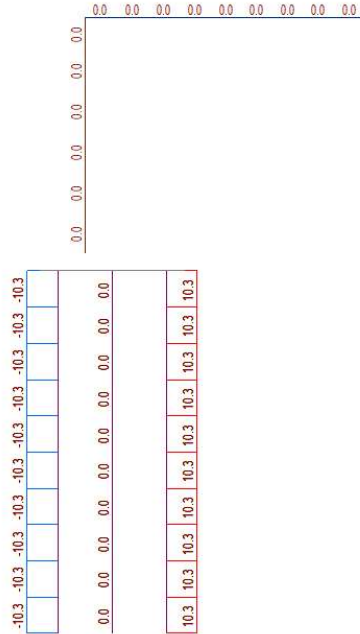
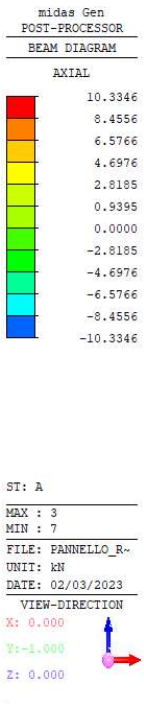
Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile



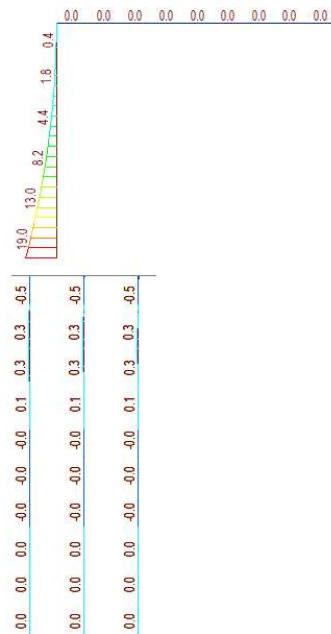
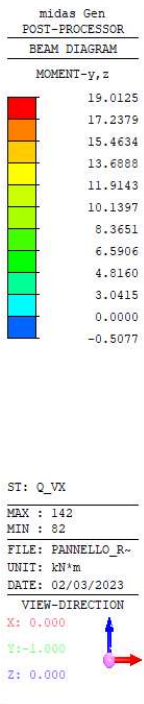
Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

• **Urto**

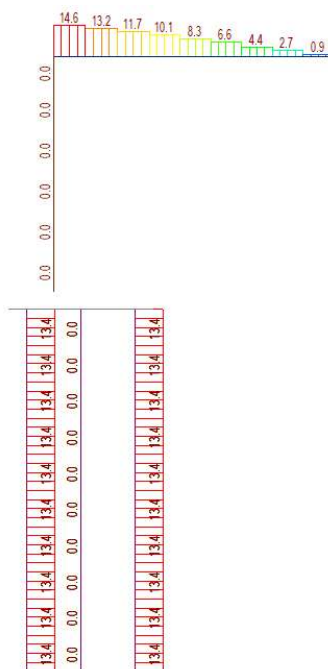
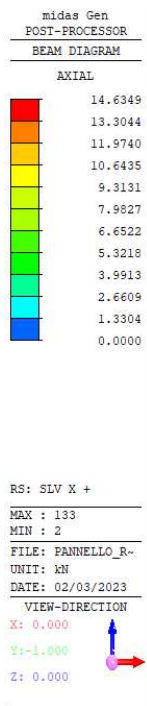
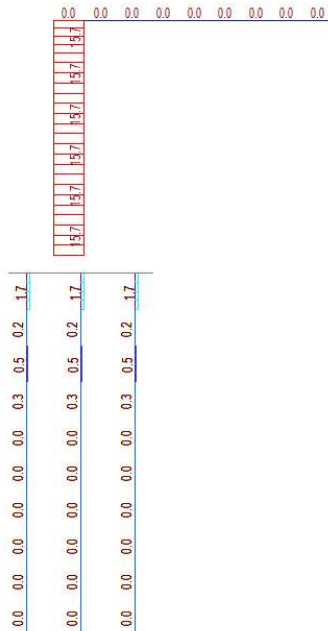
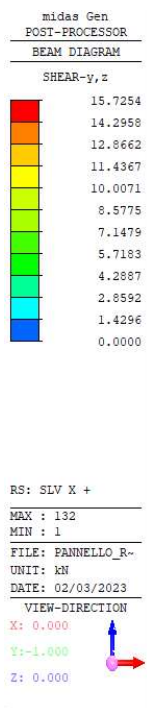




• **QV_x**

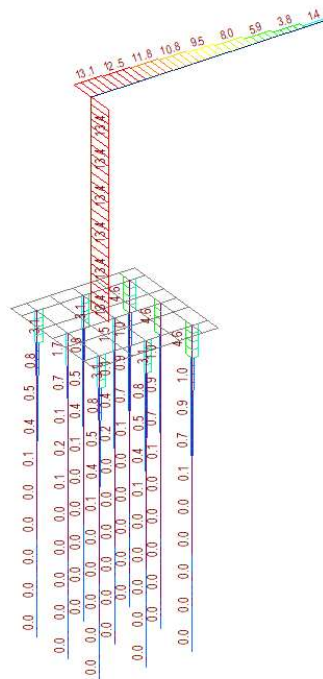
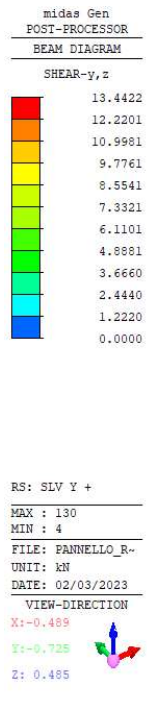
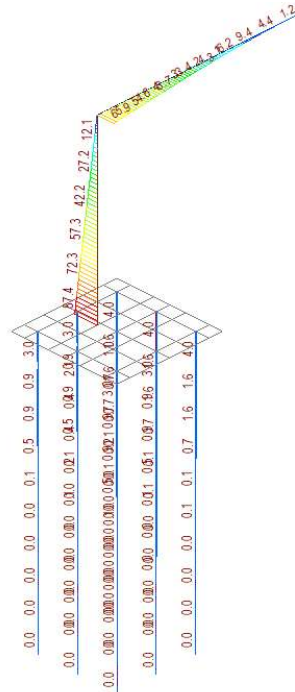
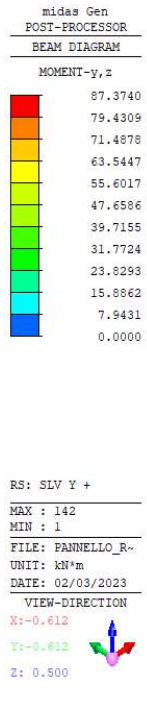


Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile



• **SLV Y**

Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile



Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

midas Gen
 POST-PROCESSOR
 BEAM DIAGRAM
 AXIAL


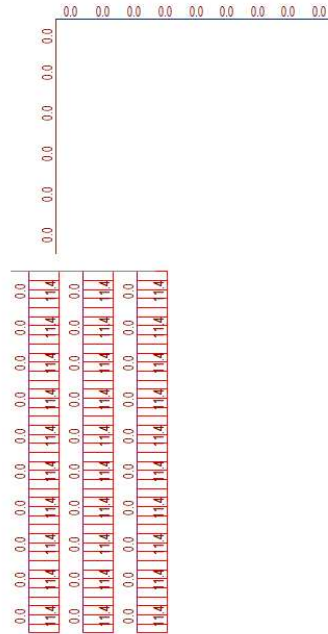
11.4285
10.3896
9.3506
8.3117
7.2727
6.2337
5.1948
4.1558
3.1169
2.0779
1.0390
0.0000

RS: SLV Y +

MAX : 88
 MIN : 4

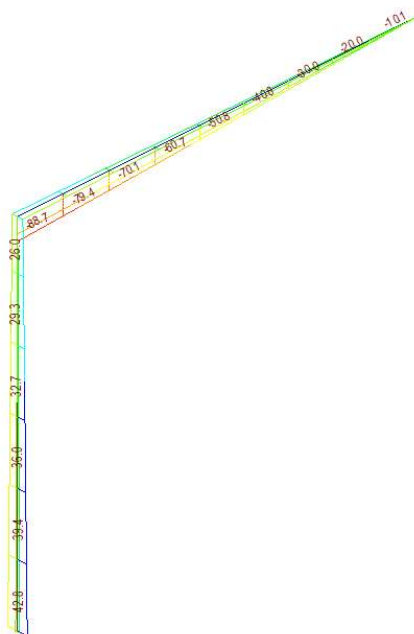
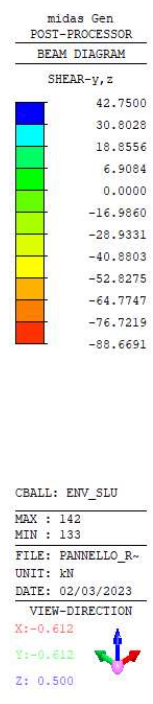
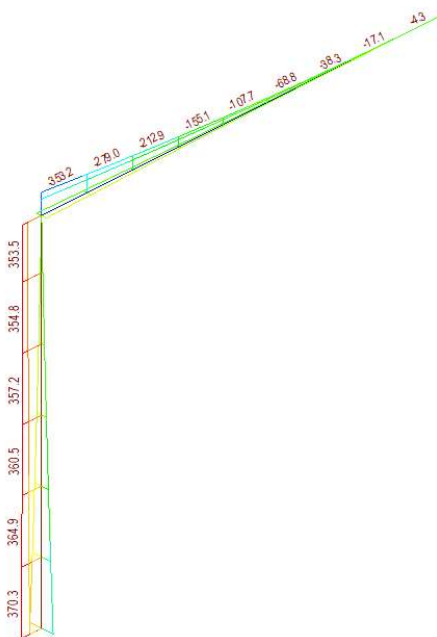
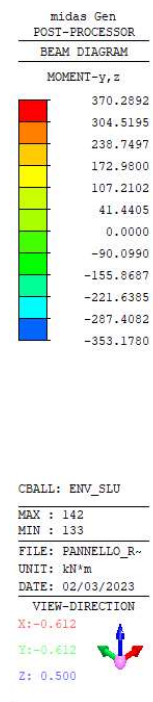
FILE: PANNELLO_R-
 UNIT: kN
 DATE: 02/03/2023

VIEW-DIRECTION
 X: 0.000
 Y:-1.000
 Z: 0.000

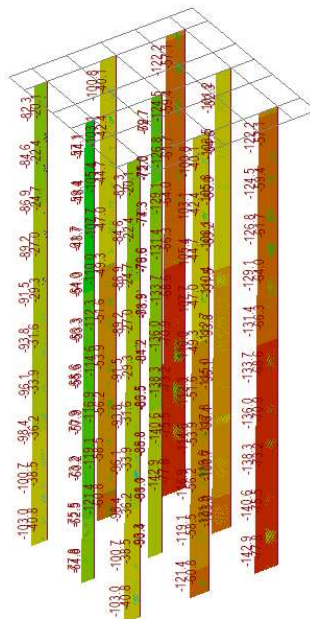
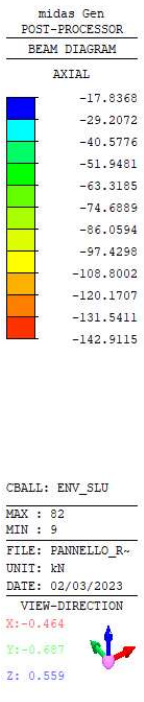
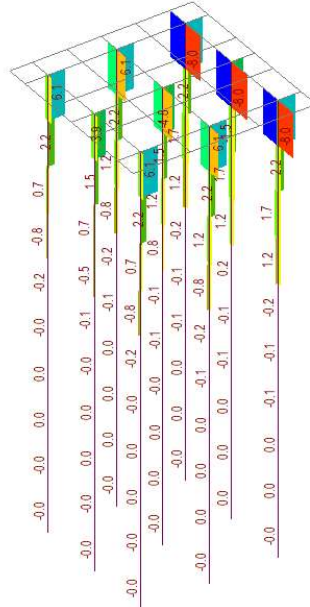
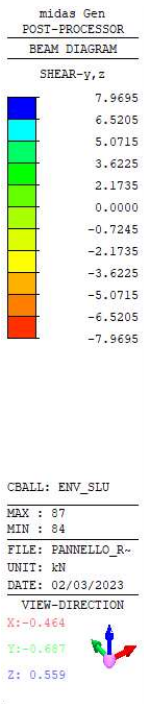



7.4.2 Involuppi

7.4.2.1 Struttura in elevazione-SLU



Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile



Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

7.4.2.3 Struttura in elevazione-SLE Rara

midas Gen
 POST-PROCESSOR
 BEAM DIAGRAM

MOMENT-y, z

269.1924
221.2854
173.3784
125.4713
77.5643
29.6573
0.0000
-66.1568
-114.0638
-161.9709
-209.8779
-257.7849

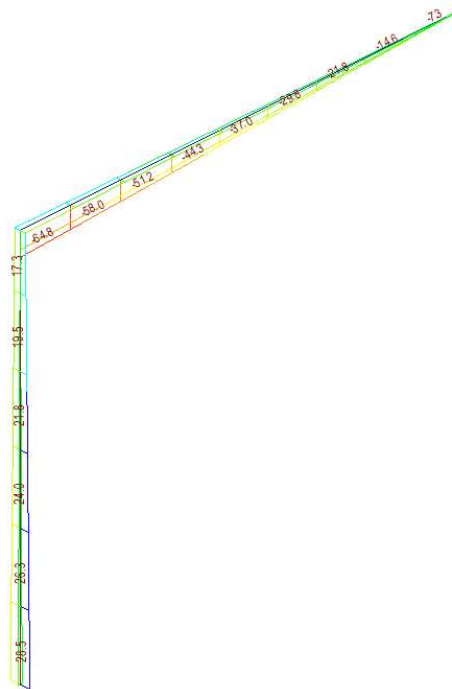
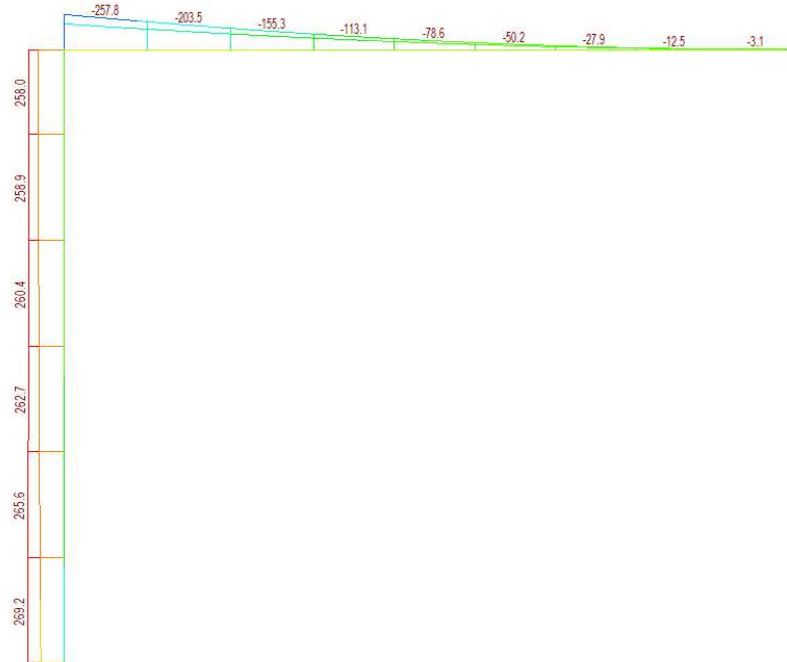
CBALL: ENV_SLE_R-
 MAX : 142
 MIN : 133
 FILE: PANNELLO_R-
 UNIT: kN*m
 DATE: 02/03/2023
 VIEW-DIRECTION
 X: 0.000
 Y: -1.000
 Z: 0.000

midas Gen
 POST-PROCESSOR
 BEAM DIAGRAM

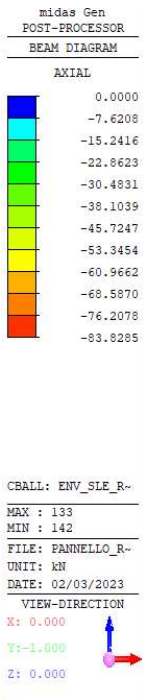
Shear-y, z

28.5000
20.0148
11.5296
0.0000
-5.4407
-13.9259
-22.4111
-30.8963
-39.3815
-47.8666
-56.3518
-64.8370

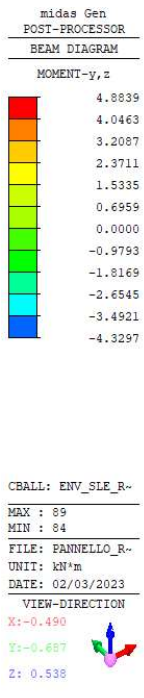
CBALL: ENV_SLE_R-
 MAX : 142
 MIN : 133
 FILE: PANNELLO_R-
 UNIT: kN
 DATE: 02/03/2023
 VIEW-DIRECTION
 X: -0.612
 Y: -0.612
 Z: 0.500



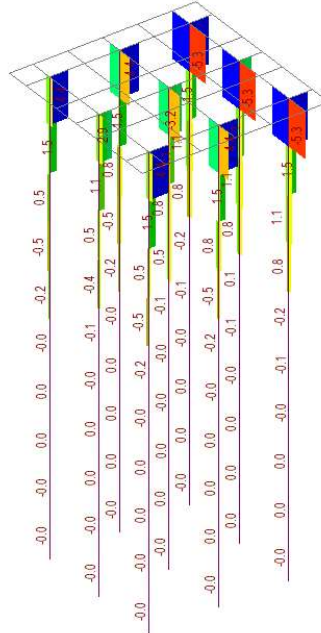
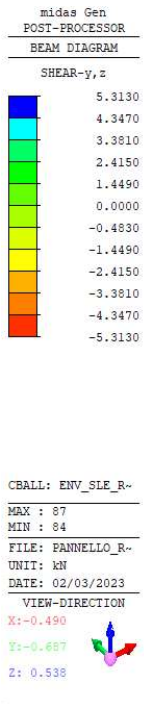
Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile



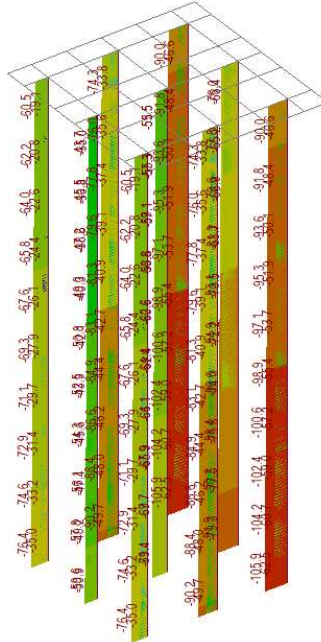
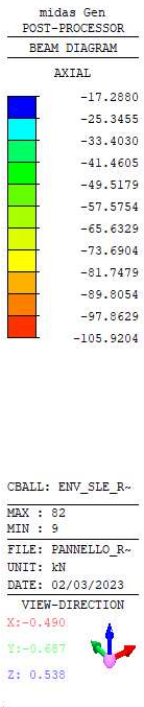
7.4.2.4 Struttura in fondazione-SLE Rara



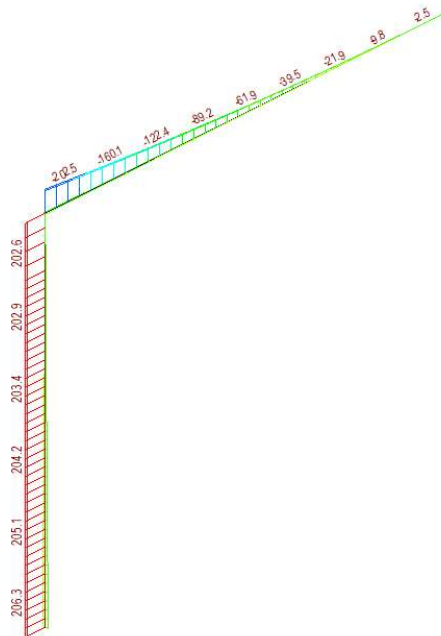
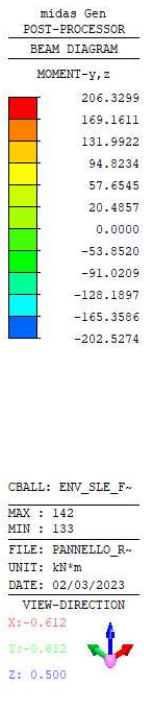
Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile



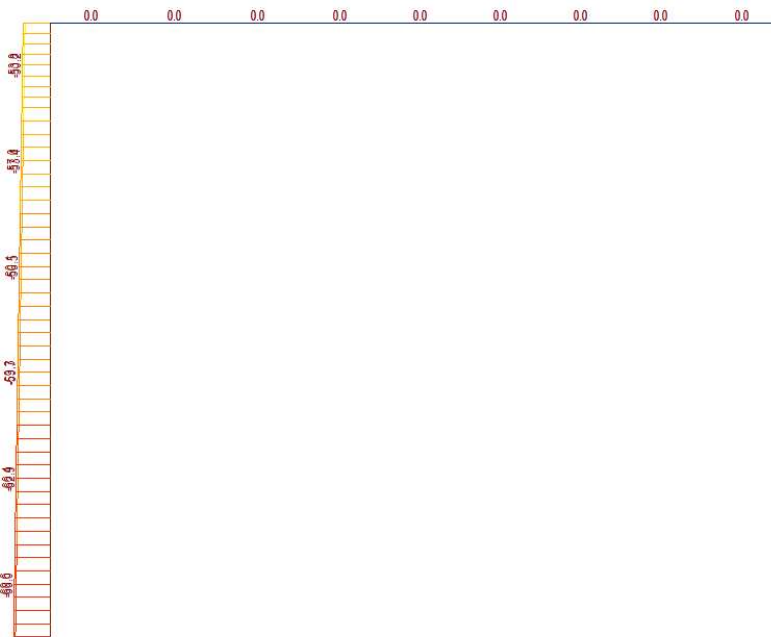
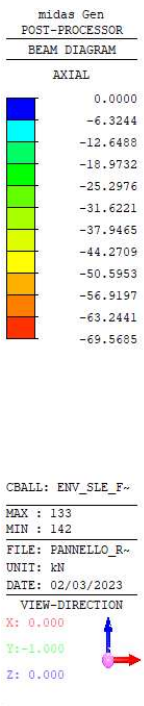
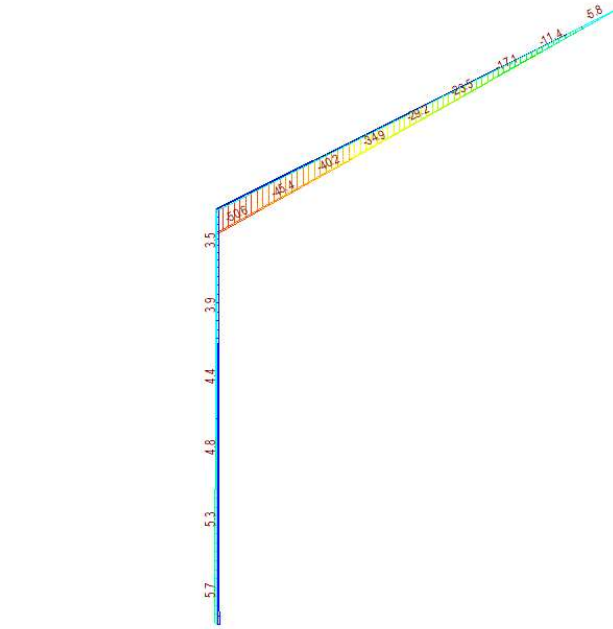
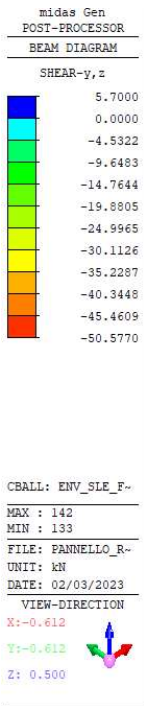
Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile



7.4.2.5 Struttura in elevazione-SLE Frequente

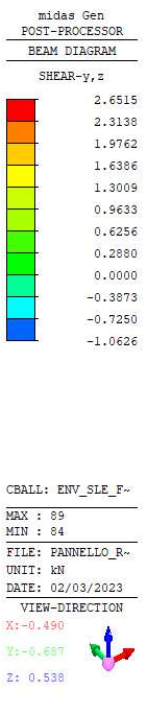
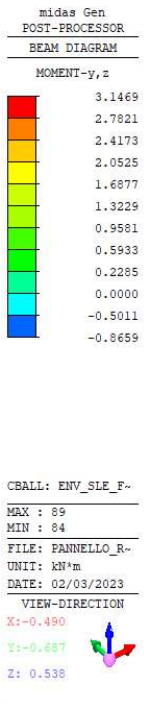


Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

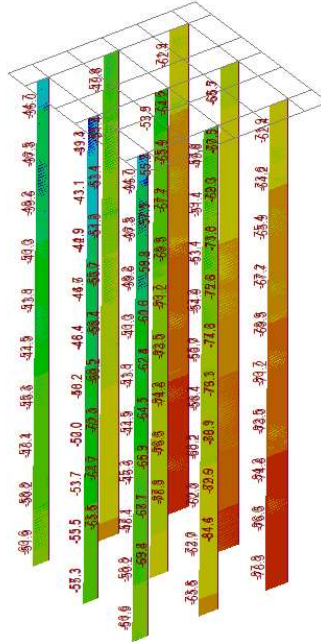
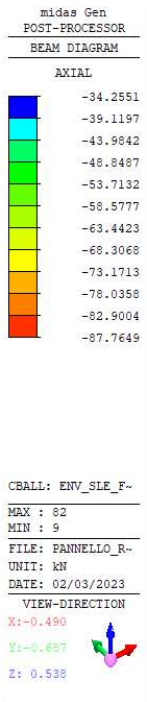


7.4.2.6 Struttura in fondazione-SLE Frequente

Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

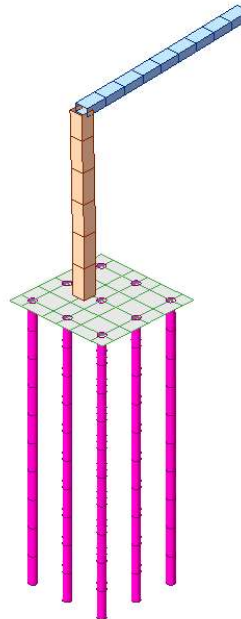
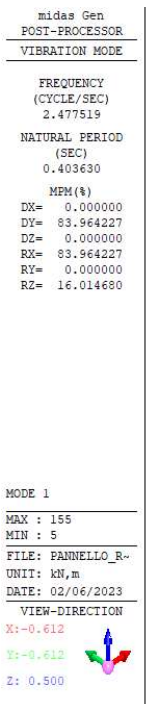


Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile



7.5 Analisi modale

Si riportano nel seguito, in forma grafica e tabellare, i risultati dell'analisi modale condotta per il caso in esame.



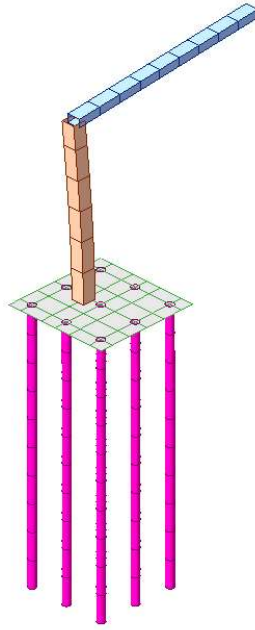
Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

Modo 1 – Traslazionale lungo Y

```

midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE
-----
FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
4.732136
NATURAL PERIOD
(SEC)
0.211321
MEM(%)
DX= 99.999969
DY= 0.000000
DZ= 0.000000
RX= 0.000000
RY= 99.999969
RZ= 0.000000

MODE 2
-----
MAX : 155
MIN : 8
FILE: PANNELLO_R-
UNIT: KN,m
DATE: 02/06/2023
VIEW-DIRECTION
X: -0.612
Y: -0.612
Z: 0.500
  
```



Modo 2 – Traslazionale lungo X

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

Node	Mode	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ						
EIGENVALUE ANALYSIS													
	Mode No	Frequency		Period	Tolerance								
		(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)									
	1	15.5450	2.4741	0.4042	0.0000e+00								
	2	29.7329	4.7321	0.2113	0.0000e+00								
	3	62.9938	10.0258	0.0997	4.5839e-16								
	4	267.6810	42.6028	0.0235	1.0154e-15								
	5	659.1116	104.9009	0.0095	5.3595e-16								
	6	1209.7244	192.5336	0.0052	0.0000e+00								
	7	1585.2813	252.3054	0.0040	2.9663e-11								
	8	1795.5786	285.7752	0.0035	4.3329e-16								
	9	2402.5217	382.3732	0.0026	4.8405e-16								
	10	3014.0256	479.6971	0.0021	4.1008e-16								
MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT													
	Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
		MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
	1	0.0000	0.0000	83.9628	83.9628	0.0000	0.0000	83.9628	83.9628	0.0000	0.0000	16.0161	16.0161
	2	100.0000	100.0000	0.0000	83.9628	0.0000	0.0000	0.0000	83.9628	100.0000	100.0000	0.0000	16.0161
	3	0.0000	100.0000	15.9848	99.9476	0.0000	0.0000	15.9848	99.9476	0.0000	100.0000	83.2089	99.2250
	4	0.0000	100.0000	0.0514	99.9990	0.0000	0.0000	0.0514	99.9990	0.0000	100.0000	0.7356	99.9606
	5	0.0000	100.0000	0.0010	99.9999	0.0000	0.0000	0.0010	99.9999	0.0000	100.0000	0.0338	99.9944
	6	0.0000	100.0000	0.0001	100.0000	0.0000	0.0000	0.0001	100.0000	0.0000	100.0000	0.0043	99.9987
	7	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	99.9987
	8	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0009	99.9996
	9	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0003	99.9999
	10	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0001	100.0000
	Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
		MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM
	1	0.0000	0.0000	2.6061	2.6061	0.0000	0.0000	167.5722	167.5722	0.0000	0.0000	2.5520	2.5520
	2	3.1039	3.1039	0.0000	2.6061	0.0000	0.0000	0.0000	167.5722	199.5790	199.5790	0.0000	2.5520
	3	0.0000	3.1039	0.4962	3.1023	0.0000	0.0000	31.9023	199.4744	0.0000	199.5790	13.2586	15.8106
	4	0.0000	3.1039	0.0016	3.1039	0.0000	0.0000	0.1025	199.5770	0.0000	199.5790	0.1172	15.9278
	5	0.0000	3.1039	0.0000	3.1039	0.0000	0.0000	0.0019	199.5789	0.0000	199.5790	0.0054	15.9332
	6	0.0000	3.1039	0.0000	3.1039	0.0000	0.0000	0.0001	199.5790	0.0000	199.5790	0.0007	15.9339
	7	0.0000	3.1039	0.0000	3.1039	0.0000	0.0000	0.0000	199.5790	0.0001	199.5790	0.0000	15.9339
	8	0.0000	3.1039	0.0000	3.1039	0.0000	0.0000	0.0000	199.5790	0.0000	199.5790	0.0001	15.9340
	9	0.0000	3.1039	0.0000	3.1039	0.0000	0.0000	0.0000	199.5790	0.0000	199.5790	0.0000	15.9341
	10	0.0000	3.1039	0.0000	3.1039	0.0000	0.0000	0.0000	199.5790	0.0000	199.5790	0.0000	15.9341
MODAL PARTICIPATION FACTOR PRINTOUT (kN,m)													
	Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
		Value		Value		Value		Value		Value		Value	
	1	0.0000		1.6144		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000	
	2	-1.7618		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000	
	3	0.0000		0.7044		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000	
	4	0.0000		0.0399		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000	
	5	0.0000		-0.0055		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000	
	6	0.0000		0.0014		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000	
	7	-0.0009		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000	
	8	0.0000		-0.0005		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000	
	9	0.0000		0.0002		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000	
	10	0.0000		-0.0001		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000	
MODAL DIRECTION FACTOR PRINTOUT													
	Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
		Value		Value		Value		Value		Value		Value	
	1	0.0000		45.6464		0.0000		45.6464		0.0000		8.7072	
	2	50.0000		0.0000		0.0000		0.0000		50.0000		0.0000	
	3	0.0000		13.8783		0.0000		13.8783		0.0000		72.2435	
	4	0.0000		6.1290		0.0000		6.1290		0.0000		87.7421	
	5	0.0000		2.6955		0.0000		2.6955		0.0000		94.6090	
	6	0.0000		1.3605		0.0000		1.3605		0.0000		97.2791	
	7	50.0000		0.0000		0.0000		0.0000		50.0000		0.0000	
	8	0.0000		0.8076		0.0000		0.8076		0.0000		98.3849	
	9	0.0000		0.5265		0.0000		0.5265		0.0000		98.9471	
	10	0.0000		0.3663		0.0000		0.3663		0.0000		99.2674	
EIGEN VECTOR (kN,m)													

7.6 Criteri di regolarità strutturale

Il fabbricato in esame, è da considerarsi regolare in pianta e/o in altezza se sono soddisfatti tutti i requisiti riportati nel seguito.

1) Regolarità in pianta:

- la distribuzione di masse e rigidezze è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali e la forma in pianta è compatta,
- il rapporto tra i lati del rettangolo circoscritto alla pianta di ogni orizzontamento è inferiore a 4;
- ciascun orizzontamento ha una rigidezza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidezza degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione.

2) Regolarità in altezza:

- tutti i sistemi resistenti alle azioni orizzontali si estendono per tutta l'altezza della costruzione
- massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25%, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%);
- il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non è significativamente diverso, in termini di resistenza, per orizzontamenti successivi (tale rapporto, calcolato per un generico orizzontamento, non deve differire più del 30% dall'analogo rapporto calcolato per l'orizzontamento adiacente); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti;
- eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengano con continuità da un orizzontamento al successivo;

Il fabbricato in esame **non** è classificabile come **regolare in pianta e in altezza**.

7.7 Comportamento strutturale, tipologia strutturale, fattore di comportamento

Per il caso in esame si opta per comportamento strutturale **non dissipativo**; nella valutazione della domanda tutte le membrature e i collegamenti rimangono in campo elastico o sostanzialmente elastico.

Nel caso di analisi lineare, la domanda sismica per strutture a comportamento sia non dissipativo, sia dissipativo, viene ridotta utilizzando un opportuno fattore di comportamento q . I valori attribuibili a q variano in

funzione del comportamento strutturale (dissipativo o non dissipativo) e dello stato limite considerati, legandosi all'entità delle plasticizzazioni, che a ciascuno stato limite si accompagnano. Per ciascuno degli stati limite e dei metodi di analisi considerati, nella tabella successiva sono riportati il comportamento strutturale, le modalità di modellazione dell'azione sismica e i limiti da attribuire al fattore di comportamento q , a seconda dello stato limite considerato.

STATI LIMITE		Lineare (Dinamica e Statica)		Non Lineare	
		Dissipativo	Non Dissipativo	Dinamica	Statica
SLE	SLO	$q = 1,0$ § 3.2.3.4	$q = 1,0$ § 3.2.3.4	§ 7.3.4.1	§ 7.3.4.2
	SLD	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5		
SLU	SLV	$q \geq 1,5$ § 3.2.3.5	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5		
	SLC	---	---		

Il limite superiore q_{lim} del fattore di comportamento relativo allo SLV è calcolato tramite la seguente espressione:

$$q_{lim} = q_0 \cdot K_R$$

dove:

- q_0 è il valore base del fattore di comportamento allo SLV, i cui massimi valori sono riportati in dipendenza della Classe di Duttilità, della tipologia strutturale, del coefficiente λ e del rapporto α_u/α_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la plasticizzazione in un numero di zone dissipative tale da rendere la struttura un meccanismo e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione;
- K_R è un fattore che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

Costruzioni d'acciaio (§ 7.5.2.2) e composte di acciaio-calcestruzzo (§ 7.6.2.2)		
Strutture intelaiate		
Strutture con controventi eccentrici	$5,0 \alpha_u/\alpha_1$	4,0
Strutture con controventi concentrici a diagonale tesa attiva	4,0	4,0
Strutture con controventi concentrici a V	2,5	2,0
Strutture a mensola o a pendolo inverso	$2,0 \alpha_u/\alpha_1$	2,0
Strutture intelaiate con controventi concentrici	$4,0 \alpha_u/\alpha_1$	4,0
Strutture intelaiate con tamponature in murature	2,0	2,0

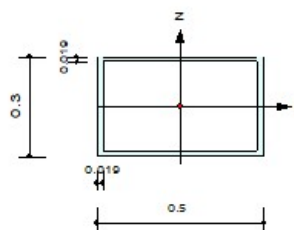
8 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

8.1 Traverso

Per il traverso previsto di dimensione 300,0x500,0 mm e spessore 19,0 mm si riportano le seguenti verifiche:

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
 Unit System kN, m
 Member No 133
 Material S355 (No:1)
 ($F_y = 355000$, $E_s = 210000000$)
 Section Name traverso (No:3)
 (Built-up Section).
 Member Length : 0.88333



2. Member Forces

Axial Force $F_{xx} = 0.00000$ (LCB: 43, POS:I)
 Bending Moments $M_y = -353.18$, $M_z = -54.056$
 End Moments $M_{yi} = -353.18$, $M_{yj} = -278.95$ (for Lb)
 $M_{yi} = -353.18$, $M_{yj} = -278.95$ (for Ly)
 $M_{zi} = -54.056$, $M_{zj} = -42.436$ (for Lz)
 Shear Forces $F_{yy} = -23.250$ (LCB: 23, POS:I)
 $F_{zz} = -88.669$ (LCB: 42, POS:I)

Depth	0.30000	Web Thick	0.01900
Flg Width	0.50000	Top F Thick	0.01900
Web Center	0.48100	Bot.F Thick	0.01900
Area	0.02896	Asz	0.01140
O _{yc}	0.04371	O _{zb}	0.06276
I _{yy}	0.00043	I _{zz}	0.00097
Y _{bar}	0.25000	Z _{bar}	0.15000
W _{ely}	0.00288	W _{elz}	0.00389
r _y	0.12223	r _z	0.18322

3. Design Parameters

Unbraced Lengths $L_y = 0.88333$, $L_z = 0.88333$, $L_b = 0.88333$
 Effective Length Factors $K_y = 1.00$, $K_z = 1.00$
 Equivalent Uniform Moment Factors $C_{my} = 1.00$, $C_{mz} = 1.00$, $C_{mLT} = 1.00$

4. Checking Result

Slenderness Ratio
 $KL/r = 7.2 < 200.0$ (Memb:133, LCB: 48)..... O.K

Axial Resistance
 $N_{Ed}/N_{tRd} = 0.00/9789.89 = 0.000 < 1.000$ O.K

Bending Resistance
 $M_{Edy}/M_{Rdy} = 353.18/1123.02 = 0.314 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz}/M_{Rdz} = 54.06/1612.52 = 0.034 < 1.000$ O.K

Combined Resistance
 $R.MNRd = \text{MAX}[M_{Edy}/M_{ny_Rd}, M_{Edz}/M_{nz_Rd}]$
 $R.BiM = (M_{Edy}/M_{ny_Rd})^{\text{Alpha}} + (M_{Edz}/M_{nz_Rd})^{\text{Beta}}$
 $R.byN = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \text{Gamma}_{M0})$, $R.byM = M_{Edy}/M_{y_Rd} + M_{Edz}/M_{z_Rd}$
 $R_{max} = \text{MAX}[R.MNRd, R.BiM, (R.byN + R.byM)] = 0.348 < 1.000$ O.K

Shear Resistance
 $V_{Edy}/V_{y_Rd} = 0.006 < 1.000$ O.K
 $V_{Edz}/V_{z_Rd} = 0.040 < 1.000$ O.K

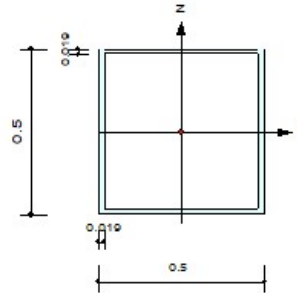
Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

8.2 Montante

Per il montante previsto di dimensione 500,0x500,0 mm e spessore 0,190 mm si riportano le seguenti verifiche:

1. Design Information

Design Code	Eurocode3:05
Unit System	kN, m
Member No	142
Material	S355 (No:1) ($F_y = 355000$, $E_s = 210000000$)
Section Name	Montante (No:2) (Built-up Section).
Member Length	: 1.12000



2. Member Forces

Axial Force	$F_{xx} = -99.989$ (LCB: 39, POS:I)
Bending Moments	$M_y = 301.374$, $M_z = 214.500$
End Moments	$M_{yi} = 301.374$, $M_{yj} = 301.374$ (for Lb) $M_{yi} = 301.374$, $M_{yj} = 301.374$ (for Ly) $M_{zi} = 214.500$, $M_{zj} = 168.502$ (for Lz)
Shear Forces	$F_{yy} = 42.7500$ (LCB: 23, POS:I) $F_{zz} = -15.725$ (LCB: 46, POS:1/2)

Depth	0.50000	Web Thick	0.01900
Flg Width	0.50000	Top F Thick	0.01900
Web Center	0.48100	Bot.F Thick	0.01900
Area	0.03050	Asz	0.01900
Cyb	0.08081	Czb	0.08081
Iyy	0.00141	Izz	0.00141
Ybar	0.25000	Zbar	0.25000
Wely	0.00505	Welz	0.00505
ry	0.19052	rz	0.19052

3. Design Parameters

Unbraced Lengths	$L_y = 1.12000$, $L_z = 1.12000$, $L_b = 1.12000$
Effective Length Factors	$K_y = 1.00$, $K_z = 1.00$
Equivalent Uniform Moment Factors	$C_{my} = 0.85$, $C_{mz} = 0.85$, $C_{mLT} = 1.00$

4. Checking Result

Slenderness Ratio

$$KL/r = 5.7 < 200.0 \text{ (Memb:142, LCB: 39)} \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Axial Resistance

$$N_{Ed}/\text{MIN}[N_{c,Rd}, N_{b,Rd}] = 100.0/12359.4 = 0.008 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Bending Resistance

$$M_{Edy}/M_{Rdy} = 301.37/2230.49 = 0.135 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$M_{Edz}/M_{Rdz} = 214.50/2230.49 = 0.096 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Combined Resistance

$$R.MNRd = \text{MAX}[M_{Edy}/M_{ny,Rd}, M_{Edz}/M_{nz,Rd}]$$

$$R.BiM = (M_{Edy}/M_{ny,Rd})^{\alpha} + (M_{Edz}/M_{nz,Rd})^{\beta}$$

$$R.byN = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \gamma_{M0}), R.byM = M_{Edy}/M_{y,Rd} + M_{Edz}/M_{z,Rd}$$

$$R.c.LT1 = N_{Ed}/(X_{iy} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$$

$$R.b.LT1 = (k_{yy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i,LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{Edz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$$

$$R.c.LT2 = N_{Ed}/(X_{iz} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$$

$$R.b.LT2 = (k_{zy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i,LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (k_{zz} \cdot M_{Edz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$$

$$R_{max} = \text{MAX}[R.MNRd, R.BiM, (R.byN + R.byM), \text{MAX}(R.c.LT1 + R.b.LT1, R.c.LT2 + R.b.LT2)] = 0.239 < 1.000 \dots\dots \text{O.K}$$

Shear Resistance

$$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.012 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

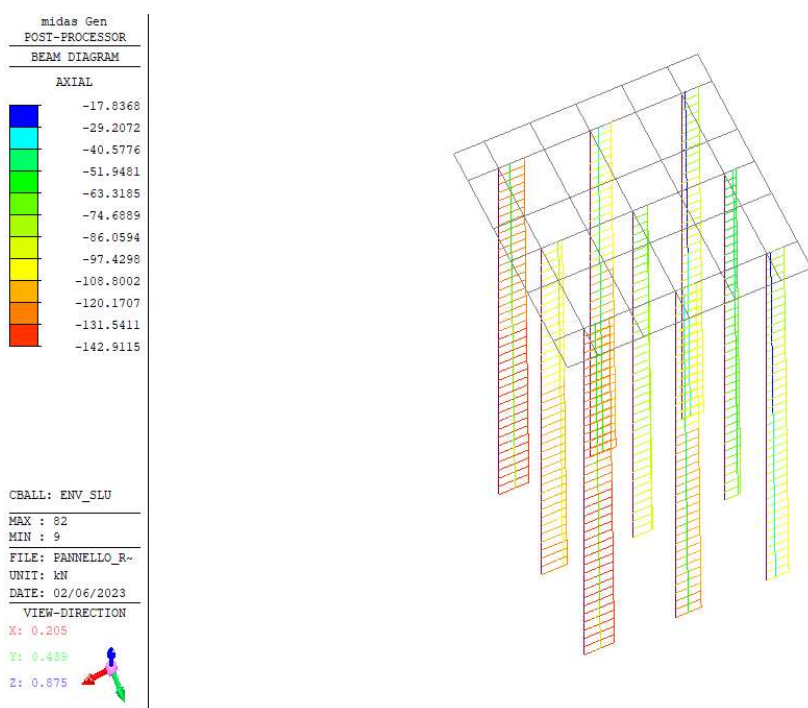
$$V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.004 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

8.3 Fondazioni

Le fondazioni consistono nell'impiego combinato di opere profonde e superficiali; vengono quindi previsti n°9 micropali di diametro $\Phi=0,3$ m e lunghezza $L=9,5$ m innestati su di un plinto quadrato di dimensione $4,0 \times 4,0 \times 1,0$ m. L'armatura presente all'interno dei micropali presenta un diametro $\Phi=108,0$ mm per uno spessore $sp=8,0$ mm. Le sollecitazioni agenti vengono interamente assorbite dai micropali progettati definendo per l'opera superficiale il solo ruolo di collegamento tra i micropali e la struttura in carpenteria metallica.

8.3.1 Verifica capacità portante di punta

Si riportano i diagrammi delle sollecitazioni assiali massime agenti sui micropali riferiti alla condizione ENV-SLU.



Si riporta la verifica a capacità portante verticale:

$$(QI/\gamma_R + Qb/\gamma_R) > QD \quad (149.36 \text{ kN} / 1,15 + 22.4 \text{ kN} / 1,35) = 146.47 \text{ kN} > 143 \text{ kN}$$

La verifica risulta soddisfatta.

8.3.2 Verifiche cedimenti

In considerazione del fatto che i pali riducono notevolmente i fenomeni dei cedimenti, dal punto di vista geotecnico tale circostanza fa sì che non siano da temersi fenomeni deformativi che possano compromettere la funzionalità della struttura di interesse.

8.3.3 Verifica capacità portante trasversale

**CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI
 PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

OPERA: PMV-Guinza

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

H = carico limite orizzontale

L = lunghezza del palo

d = diametro del palo

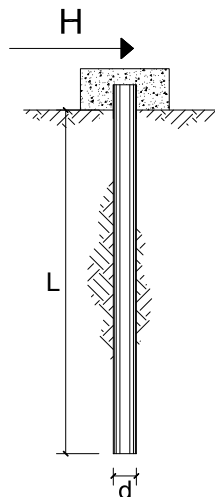
My = momento di plasticizzazione della sezione

Fs = coefficiente di sicurezza

ϕ' = angolo di attrito del terreno

kp = coeff. di spinta passiva ($k_p = (1 + \sin\phi') / (1 - \sin\phi')$)

γ = peso di unità di volume del terreno (se è presente la falda $\gamma = \gamma'$)



Palo corto:
$$H = 1.5 k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2}$$

DATI DI INPUT:

L =	9.50	(m)
d =	0.30	(m)
My =	48.72	(kN m)
Fs =	2.21	(-)
ϕ' =	35.00	(°)
kp =	3.69	(-)
γ =	19.00	(kN/m ³)

Palo corto:

H1 =	2847.48	(kN)	H1/Fs =	1288.45	(kN)
------	---------	------	---------	---------	------

Palo intermedio:

H2 =	954.29	(kN)	H2/Fs =	431.80	(kN)
------	--------	------	---------	--------	------

Palo lungo:

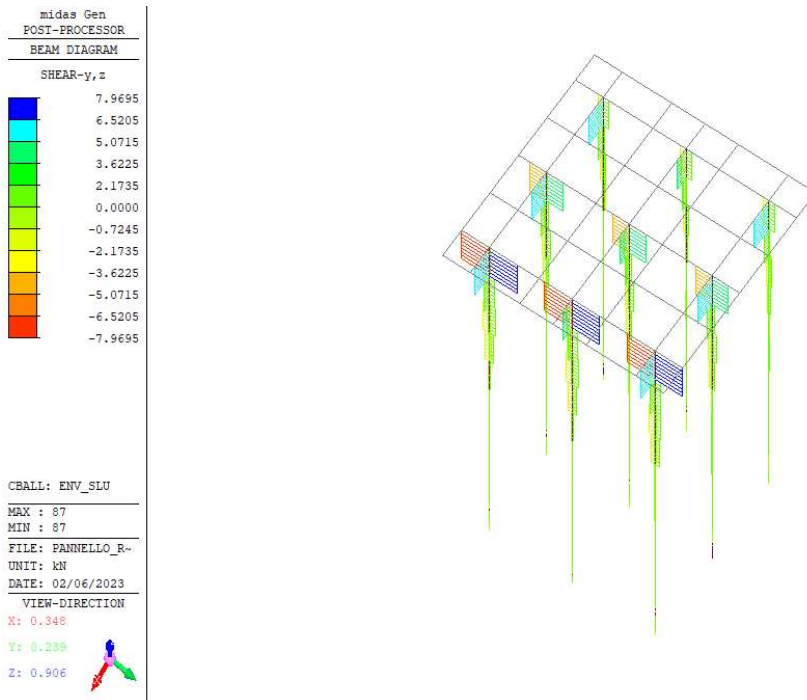
H3 =	87.71	(kN)	H3/Fs =	39.69	(kN)
------	-------	------	---------	-------	------

H lim = min(H1, H2, H3) = 87.71 (kN) **palo lungo**

H amm = H lim / Fs = 39.69 (kN)

Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

Si riportano i diagrammi delle sollecitazioni trasversali massime agenti sui micropali riferite alla condizione ENV-SLU.



Si riporta la verifica:

$$R_k = R_{cal} / \zeta = 87.71 / 1.7 = 51.59 \text{ kN}$$

$$R_k / \gamma_R > HD \quad 51.59 / 1.3 = 39.69 > 8 \text{ kN}$$

La verifica risulta soddisfatta.

9 VERIFICA DELLE CONNESSIONI

9.1 Connessione plinto-montante

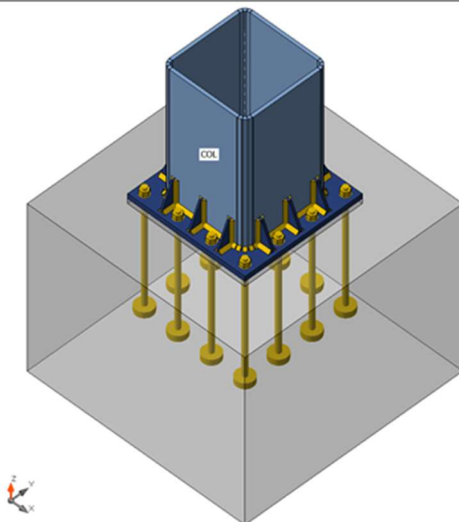
Il materiale utilizzato è il calcestruzzo C25/30 per il plinto e l'acciaio S355 per il montante.

Dati di progetto:

Nome CON1
 Analisi Sforzo, deformazione/ carico semplificato

Travi e pilastri

Nome	Sezione	β - Direzione [°]	γ - Pendenza [°]	α - Rotazione [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forze in
COL	2 - SHS500/500/19.0	0,0	-90,0	0,0	0	0	0	Nodo



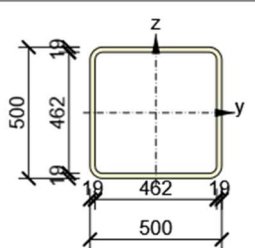
Sezioni

Nome	Materiale
2 - SHS500/500/19.0	S 355

Sezioni

Nome	Materiale	Disegno
------	-----------	---------

Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

2 - SHS500/500/19.0	S 355	
---------------------	-------	---

Ancoraggi

Nome	Assieme bullone	Diametro [mm]	fu [MPa]	Superficie lorda [mm ²]
M30 8.8	M30 8.8	30	800,0	707

Effetti del carico (equilibrio non richiesto)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	COL	-113,0	43,0	-9,0	90,0	370,0	215,0

Blocco di fondazione

Elemento	Valore	Unità
CB 1		
Dimensioni	1300 x 1300	mm
Altezza	1000	mm
Ancoraggio	M30 8.8	
Lunghezza di ancoraggio	600	mm
Trasferimento dello sforzo di taglio	Ancoraggi	
Giunto di malta	30	mm
CB 2		
Dimensioni	1300 x 1300	mm
Altezza	1000	mm
Ancoraggio	M30 8.8	
Lunghezza di ancoraggio	600	mm
Trasferimento dello sforzo di taglio	Attrito	
Giunto di malta	30	mm

Riassunto delle verifiche

Nome	Valore	Stato
Analisi	100,0%	OK
Piastre	0,1 < 5,0%	OK
Deformazione loc.	0,1 < 3%	OK
Ancoraggi	86,9 < 100%	OK
Saldature	79,0 < 100%	OK
Blocco di calcestruzzo	24,9 < 100%	OK
Taglio	13,0 < 100%	OK
Stabilità	27,29	

Piastre

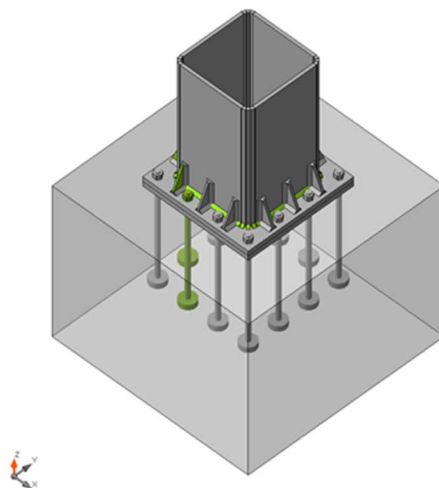
Nome	Spessore [mm]	Carichi	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{PI} [%]	σ_{CEd} [MPa]	Stato
COL	19,0	LE1	211,5	0,0	0,0	OK
BP1	30,0	LE1	226,5	0,0	0,0	OK
RIB1a	15,0	LE1	195,5	0,0	0,0	OK
RIB1b	15,0	LE1	115,0	0,0	0,0	OK
RIB1c	15,0	LE1	97,8	0,0	0,0	OK
RIB2a	10,0	LE1	97,3	0,0	0,0	OK
RIB2b	10,0	LE1	237,4	0,0	0,0	OK
RIB2c	10,0	LE1	75,7	0,0	0,0	OK
RIB3a	10,0	LE1	338,3	0,1	0,0	OK
RIB3b	10,0	LE1	237,7	0,0	0,0	OK
RIB3c	10,0	LE1	206,2	0,0	0,0	OK
RIB4a	10,0	LE1	108,4	0,0	0,0	OK
RIB4b	10,0	LE1	315,8	0,0	0,0	OK
RIB4c	10,0	LE1	138,9	0,0	0,0	OK

Dati Progetto

Materiale	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 355	355,0	5,0

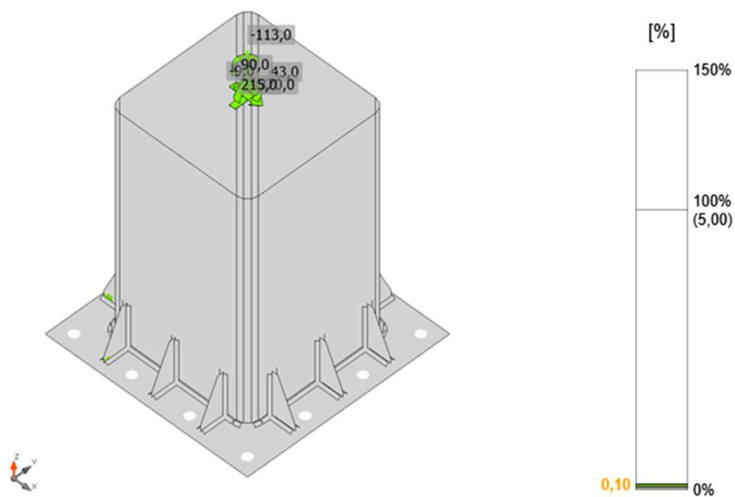
Deformazione loc.

Nome	d0 [mm]	Carichi	δ [mm]	δ_{lim} [mm]	$\delta/d0$ [%]	Verifica Stato
COL	500	LE1	0	15	0,1	OK

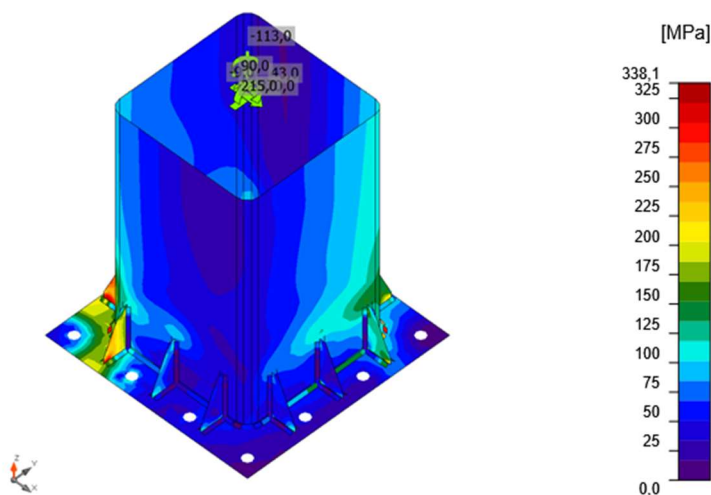


Verifica globale, LE1

Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

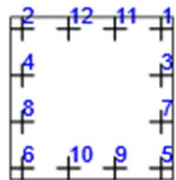


Verifica deformazione, LE1



Sforzo equivalente , LE1

Ancoraggi

Forma	Elemento	Carichi	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	N _{Rd,p} [kN]	N _{Rd,cb} [kN]	V _{Rd,s} [kN]	U _t [%]	U _s [%]	U _{ts} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
	A1	LE1	39,7	1,2	744,5	-	40,5	15,6	2,9	2,5	OK	OK
	A2	LE1	115,5	4,3	744,5	-	26,2	45,4	16,4	23,3	OK	OK
	A3	LE1	20,4	0,8	744,5	-	44,1	8,0	1,9	0,7	OK	OK
	A4	LE1	181,0	3,3	744,5	-	13,8	71,2	24,1	56,5	OK	OK
	A5	LE1	0,0	4,0	744,5	-	48,0	0,0	8,2	0,7	OK	OK
	A6	LE1	0,0	0,2	744,5	-	48,0	0,0	0,4	0,0	OK	OK
	A7	LE1	0,0	2,6	744,5	-	48,0	0,0	5,5	0,3	OK	OK
	A8	LE1	58,5	2,0	744,5	-	37,0	23,0	5,3	5,6	OK	OK
	A9	LE1	0,0	0,0	744,5	-	-	0,0	-	0,0	OK	OK
	A10	LE1	0,0	0,0	744,5	-	-	0,0	-	-	OK	OK
	A11	LE1	147,4	0,0	744,5	-	-	58,0	-	33,6	OK	OK
	A12	LE1	221,1	0,0	744,5	-	-	86,9	-	75,6	OK	OK

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

Dati Progetto

Classe	N _{Rd,s} [kN]
M30 8.8 - 1	254,3

Saldature (Ridistribuzione plastica)

Elemento	Bordo	Spess. gola [mm]	Lunghezza [mm]	Carichi	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{PI} [%]	σ_{\perp} [MPa]	T_{\parallel} [MPa]	T_{\perp} [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Stato
BP1	COL	▲12,0	1856	LE1	305,2	0,0	278,7	13,8	-70,5	79,0	23,0	OK
BP1	RIB1a	▲12,0	80	LE1	143,6	0,0	-60,2	36,2	-66,0	33,0	19,2	OK
		▲12,0	80	LE1	152,8	0,0	-62,5	-55,7	58,1	35,1	24,4	OK
COL-w 1	RIB1a	▲12,0	150	LE1	119,5	0,0	-29,9	-56,4	-35,9	27,4	8,6	OK
		▲12,0	150	LE1	127,5	0,0	-36,3	63,7	30,3	29,3	17,0	OK
BP1	RIB1b	▲12,0	80	LE1	59,2	0,0	-18,6	22,5	-23,4	13,6	7,5	OK
		▲12,0	80	LE1	75,1	0,0	-29,9	-30,8	25,2	17,2	10,4	OK
COL-w 1	RIB1b	▲12,0	150	LE1	64,6	0,0	-14,1	-35,1	-9,6	14,8	8,8	OK
		▲12,0	150	LE1	50,3	0,0	-10,0	20,4	19,8	11,5	4,7	OK
BP1	RIB1c	▲12,0	80	LE1	51,3	0,0	-19,5	15,4	-22,7	11,8	8,2	OK
		▲12,0	80	LE1	61,5	0,0	-1,2	-35,5	-0,5	14,1	10,1	OK
COL-w 1	RIB1c	▲12,0	150	LE1	73,3	0,0	-19,9	-35,8	-19,4	16,8	6,5	OK
		▲12,0	150	LE1	72,3	0,0	-19,0	35,2	19,5	16,6	6,4	OK
BP1	RIB2a	▲12,0	80	LE1	46,3	0,0	19,8	1,8	24,1	10,6	7,9	OK
		▲12,0	80	LE1	49,9	0,0	20,6	18,8	-18,3	11,4	9,3	OK
COL-w 2	RIB2a	▲12,0	150	LE1	31,8	0,0	-6,3	17,8	-2,5	7,3	4,8	OK
		▲12,0	150	LE1	48,8	0,0	-4,9	-26,6	8,6	11,2	5,2	OK
BP1	RIB2b	▲12,0	80	LE1	118,6	0,0	-53,7	39,3	-46,7	27,2	21,1	OK
		▲12,0	80	LE1	116,9	0,0	-47,3	-26,4	55,8	26,8	15,5	OK
COL-w 2	RIB2b	▲12,0	150	LE1	85,3	0,0	-24,1	-41,0	-23,5	19,6	12,6	OK
		▲12,0	150	LE1	84,4	0,0	-23,9	39,9	24,4	19,4	8,4	OK
BP1	RIB2c	▲12,0	80	LE1	43,5	0,0	4,9	24,9	1,8	10,0	6,0	OK
		▲12,0	80	LE1	39,3	0,0	-3,4	21,7	-6,4	9,0	3,8	OK
COL-w 2	RIB2c	▲12,0	150	LE1	23,0	0,0	-8,0	11,0	-5,7	5,3	2,2	OK
		▲12,0	150	LE1	28,6	0,0	-8,9	-11,0	11,2	6,6	1,9	OK
BP1	RIB3a	▲12,0	80	LE1	186,7	0,0	87,6	-42,5	85,1	42,9	30,3	OK
		▲12,0	80	LE1	186,6	0,0	83,0	44,9	-85,4	42,8	26,6	OK
COL-w 3	RIB3a	▲12,0	150	LE1	115,5	0,0	36,7	48,4	40,7	26,5	10,5	OK
		▲12,0	150	LE1	124,3	0,0	31,3	-63,3	-28,5	28,5	23,6	OK
BP1	RIB3b	▲12,0	80	LE1	96,3	0,0	37,5	-25,1	44,6	22,1	11,5	OK
		▲12,0	80	LE1	108,7	0,0	47,7	39,2	-40,6	25,0	17,6	OK
COL-w 3	RIB3b	▲12,0	150	LE1	76,1	0,0	18,0	39,8	15,5	17,5	12,8	OK
		▲12,0	150	LE1	68,3	0,0	20,6	-27,8	-25,3	15,7	4,9	OK
BP1	RIB3c	▲12,0	80	LE1	76,7	0,0	34,0	-16,6	36,1	17,6	10,4	OK
		▲12,0	80	LE1	78,6	0,0	35,9	22,1	-33,8	18,0	12,1	OK
COL-w 3	RIB3c	▲12,0	150	LE1	92,1	0,0	21,0	47,0	21,7	21,2	7,0	OK
		▲12,0	150	LE1	97,7	0,0	21,4	-51,0	-20,8	22,4	7,7	OK
BP1	RIB4a	▲12,0	80	LE1	74,1	0,0	7,0	-42,4	3,3	17,0	8,4	OK
		▲12,0	80	LE1	47,3	0,0	-3,9	-27,2	1,4	10,9	6,6	OK
COL-w 4	RIB4a	▲12,0	150	LE1	36,6	0,0	1,3	-17,2	12,2	8,4	3,8	OK
		▲12,0	150	LE1	32,8	0,0	6,6	-18,0	-4,4	7,5	5,2	OK
BP1	RIB4b	▲12,0	80	LE1	174,8	0,0	77,5	-50,5	75,1	40,1	26,0	OK
		▲12,0	80	LE1	174,0	0,0	78,0	39,9	-80,5	40,0	26,1	OK
COL-w 4	RIB4b	▲12,0	150	LE1	105,9	0,0	27,3	53,2	25,6	24,3	20,2	OK
		▲12,0	150	LE1	100,0	0,0	26,0	-48,4	-27,6	23,0	10,7	OK
BP1	RIB4c	▲12,0	80	LE1	59,2	0,0	26,0	-21,5	21,8	13,6	9,6	OK
		▲12,0	80	LE1	53,8	0,0	20,0	10,1	-27,0	12,4	6,8	OK
COL-w 4	RIB4c	▲12,0	150	LE1	67,2	0,0	14,4	35,4	13,6	15,4	5,3	OK
		▲12,0	150	LE1	60,9	0,0	14,0	-30,8	-14,8	14,0	4,5	OK

Dati Progetto

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 355	0,90	435,6	352,8

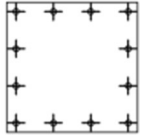




Blocco di calcestruzzo

Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

Elemento	Carichi	c [mm]	A _{eff} [mm ²]	σ [MPa]	k _j [-]	F _{jd} [MPa]	Ut [%]	Stato
CB 1	LE1	56	111919	8,1	2,91	32,5	24,9	OK
CB 2	LE1	56	111919	8,1	2,91	32,5	24,9	OK

Distinta dei materiali

Operazioni di produzione

Nome	Piastre [mm]	Forma	N.	Saldature [mm]	Lunghezza [mm]	Bulloni	N.
BP1	P30,0x700,0-700,0 (S 355)		1	Raccordo: a = 12,0	1856,0	M30 8.8	12
RIB1	P15,0x80,0-150,0 (S 355)		3	a T: a = 12,0	690,0		
RIB2	P10,0x80,0-150,0 (S 355)		3	a T: a = 12,0	690,0		
RIB3	P10,0x80,0-150,0 (S 355)		3	a T: a = 12,0	690,0		
RIB4	P10,0x80,0-150,0 (S 355)		3	a T: a = 12,0	690,0		

Saldature

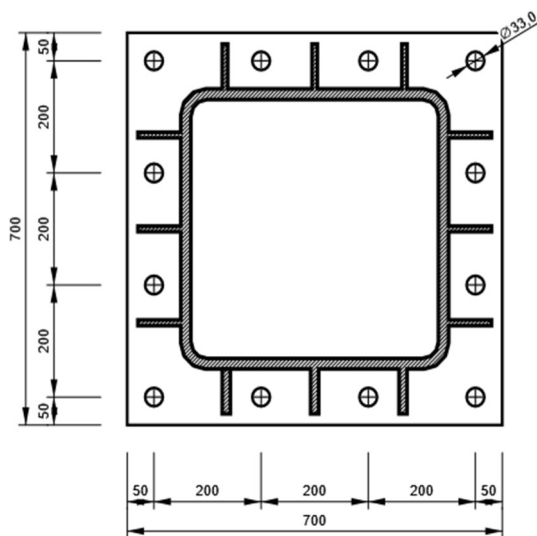
Tipo	Materiale	Spessore gola [mm]	Spessore gamba [mm]	Lunghezza [mm]
Raccordo	S 355	12,0	17,0	1856,0
a T	S 355	12,0	17,0	2760,0

Ancoraggi

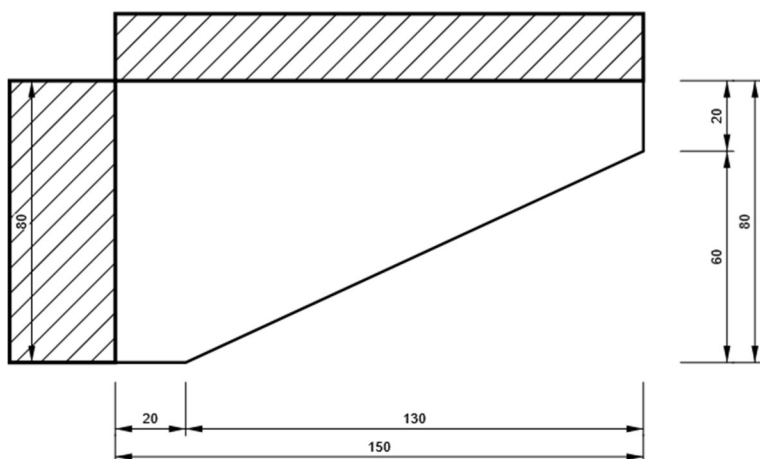
Nome	Lunghezza [mm]	Lunghezza di perforazione [mm]	Conteggio
M30 8.8	660	600	12

Disegno

BP1 - P30,0x700-700 (S 355)



RIB1, RB2, RB3, RB4 - P15,0x150-80 (S 355)



9.2 Connessione montante-traverso

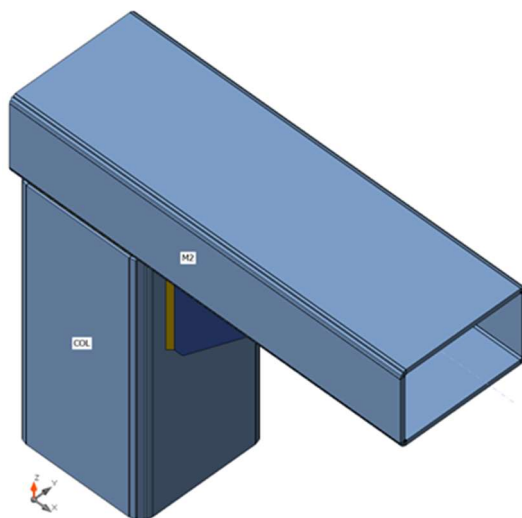
Il materiale utilizzato è l'acciaio S355 per il montante e per il traverso.

Dati di progetto:

Nome CON2
 Analisi Sforzo, deformazione/ carico semplificato

Travi e pilastri

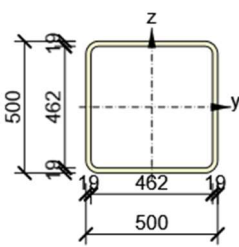
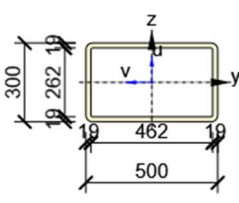
Nome	Sezione	β - Direzione [°]	γ - Pendenza [°]	α - Rotazione [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forze in
COL	2 - SHS500/500/19.0	0,0	90,0	0,0	0	0	0	Nodo
M2	3 - RHS300x500	0,0	0,0	0,0	-270	0	150	Nodo



Sezioni

Nome	Materiale
2 - SHS500/500/19.0	S 355
3 - RHS300x500	S 355

Sezioni

Nome	Materiale	Disegno
2 - SHS500/500/19.0	S 355	
3 - RHS300x500	S 355	

Effetti del carico (equilibrio non richiesto)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	M2	0,0	25,0	-89,0	0,0	354,0	90,0

Riassunto delle verifiche

Nome	Valore	Stato
Analisi	100,0%	OK
Piastre	0,0 < 5,0%	OK
Deformazione loc.	0,3 < 3%	OK
Saldature	43,7 < 100%	OK
Stabilità	23,54	
GMNA	Calcolato	

Piastre

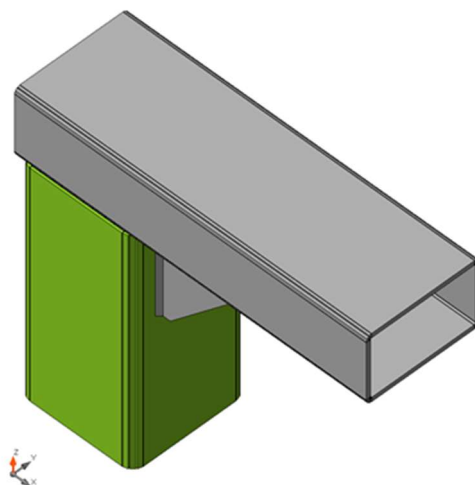
Nome	Spessore [mm]	Carichi	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{PI} [%]	σ_{CEd} [MPa]	Stato
COL	19,0	LE1	298,1	0,0	0,0	OK
M2	19,0	LE1	263,3	0,0	0,0	OK
NER1a	20,0	LE1	111,9	0,0	0,0	OK
NER1b	20,0	LE1	133,3	0,0	0,0	OK

Dati Progetto

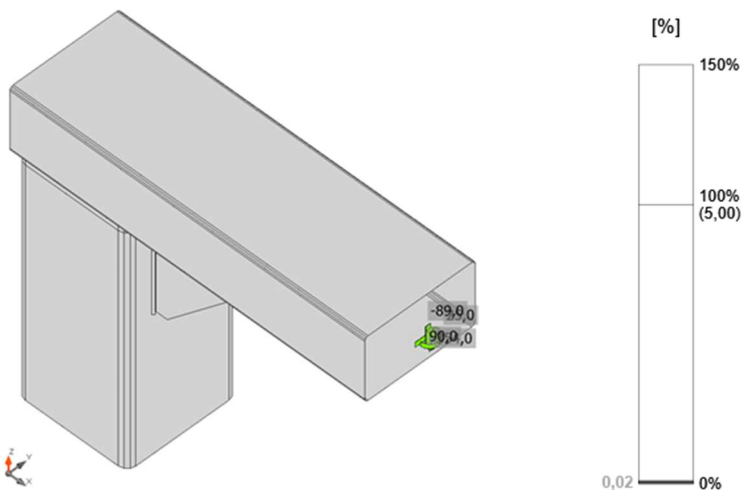
Materiale	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 355	355,0	5,0

Deformazione loc.

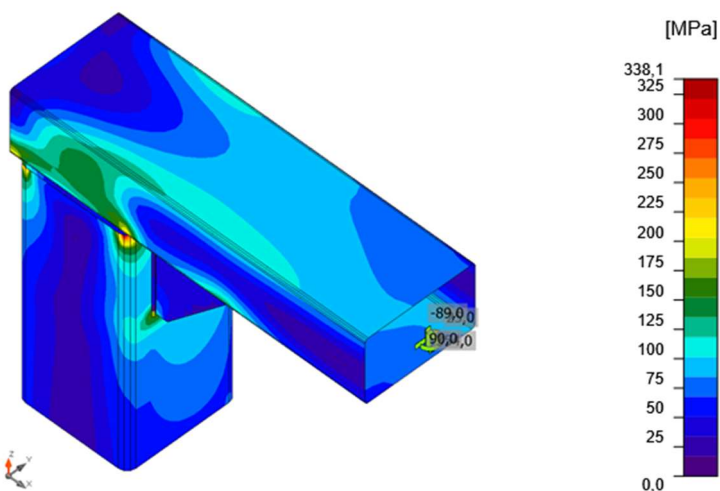
Nome	d0 [mm]	Carichi	δ [mm]	δ_{lim} [mm]	$\delta/d0$ [%]	Verifica Stato
COL	500	LE1	1	15	0,1	OK
M2	300	LE1	1	9	0,3	OK



Verifica globale, LE1



Verifica deformazione, LE1



Sforzo equivalente , LE1

Saldature (Ridistribuzione plastica)

Elemento	Bordo	Spess. gola [mm]	Lunghezza [mm]	Carichi	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{Pl} [%]	σ_{\perp} [MPa]	T_{ij} [MPa]	T_{\perp} [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Stato
M2-w 1	COL-w 1	5,0	405	LE1								OK
M2-w 1	COL-arc 1	5,0	20	LE1								OK
M2-w 1	COL-arc 2	5,0	20	LE1								OK
M2-w 1	COL-arc 3	5,0	20	LE1								OK
M2-w 1	COL-w 2	5,0	405	LE1								OK
M2-w 1	COL-arc 4	5,0	20	LE1								OK
M2-w 1	COL-arc 5	5,0	20	LE1								OK
M2-w 1	COL-arc 6	5,0	20	LE1								OK
M2-w 1	COL-w 3	5,0	405	LE1								OK
M2-w 1	COL-arc 7	5,0	20	LE1								OK
M2-w 1	COL-arc 8	5,0	20	LE1								OK
M2-w 1	COL-arc 9	5,0	20	LE1								OK
M2-w 1	COL-w 4	5,0	405	LE1								OK

Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

M2-w 1	COL-arc 10	5,0	20	LE1								OK
M2-w 1	COL-arc 11	5,0	20	LE1								OK
M2-w 1	COL-arc 12	5,0	20	LE1								OK
M2-w 1	NER1a	▲12,0▲	400	LE1	141,1	0,0	-38,5	66,5	-41,5	32,4	7,0	OK
		▲12,0▲	400	LE1	159,2	0,0	-46,2	-76,6	43,3	36,6	10,4	OK
COL-w 3	NER1a	▲12,0▲	400	LE1	160,2	0,0	-42,2	-77,7	-43,9	36,8	8,0	OK
		▲12,0▲	400	LE1	171,6	0,0	-45,9	84,6	44,3	39,4	9,3	OK
M2-w 1	NER1b	▲12,0▲	400	LE1	190,3	0,0	-51,9	93,4	-49,5	43,7	11,2	OK
		▲12,0▲	400	LE1	175,6	0,0	-46,6	-84,6	49,0	40,3	7,9	OK
COL-w 3	NER1b	▲12,0▲	400	LE1	178,3	0,0	-49,8	-87,3	-46,3	40,9	11,3	OK
		▲12,0▲	400	LE1	159,2	0,0	-41,6	76,4	45,1	36,6	8,6	OK

Dati Progetto

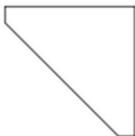
	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9σ [MPa]
S 355	0,90	435,6	352,8

Stabilità

Carichi	Forma	Fattore [-]
LE1	1	23,54
	2	24,52
	3	30,54
	4	31,78
	5	37,02
	6	39,41

Distinta dei materiali

Operazioni di produzione

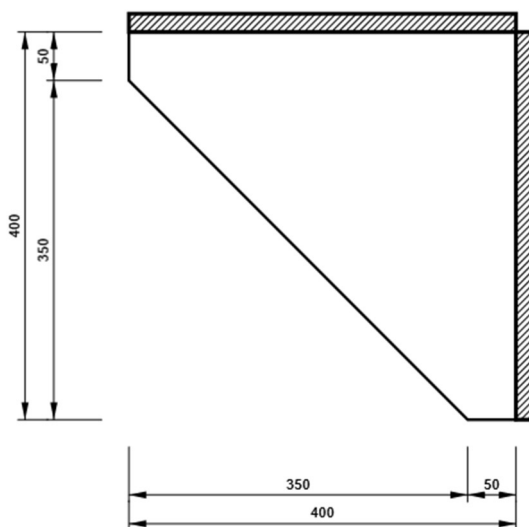
Nome	Piastre [mm]	Forma	N.	Saldature [mm]	Lunghezza [mm]	Bulloni	N.
NER1	P20,0x400,0-400,0 (S 355)		2	a T: a = 12,0	1600,0		

Saldature

Tipo	Materiale	Spessore gola [mm]	Spessore gamba [mm]	Lunghezza [mm]
Di testa	S 355	-	-	1856,0
a T	S 355	12,0	17,0	1600,0

Disegno

NER1 - P20,0x400-400 (S 355)



9.3 Connessione trasverso-trasverso

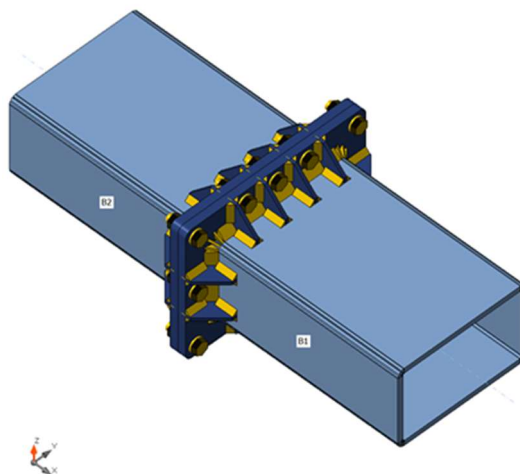
Il materiale utilizzato è l'acciaio S355 per entrambi i traversi.

Dati di progetto:

Nome CON3
 Analisi Sforzo, deformazione/ carico semplificato

Travi e pilastri

Nome	Sezione	β - Direzione [°]	γ - Pendenza [°]	α - Rotazione [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forze in
B1	3 - RHS300x500	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Nodo
B2	3 - RHS300x500	180,0	0,0	0,0	0	0	0	Nodo



Sezioni

Nome	Materiale
3 - RHS300x500	S 355

Bulloni

Nome	Assieme bullone	Diametro [mm]	fu [MPa]	Superficie lorda [mm ²]
M30 8.8	M30 8.8	30	800,0	707

Effetti del carico (equilibrio non richiesto)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	B1	0,0	25,0	-90,0	0,0	354,0	90,0

Riassunto delle verifiche

Nome	Valore	Stato
Analisi	100,0%	OK
Piastre	0,2 < 5,0%	OK
Deformazione loc.	0,2 < 3%	OK
Bulloni	82,5 < 100%	OK
Saldature	77,3 < 100%	OK
Stabilità	15,20	
GMNA	Calcolato	

Piastre

Nome	Spessore [mm]	Carichi	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{PI} [%]	σ_{CEd} [MPa]	Stato
B1	19,0	LE1	321,6	0,0	0,0	OK
B2	19,0	LE1	325,7	0,0	0,0	OK
PP1a	30,0	LE1	235,4	0,0	60,3	OK
PP1b	30,0	LE1	238,2	0,0	60,3	OK
NER1a	12,0	LE1	207,3	0,0	0,0	OK
NER1b	12,0	LE1	200,6	0,0	0,0	OK
NER1c	12,0	LE1	130,2	0,0	0,0	OK
NER1d	12,0	LE1	117,1	0,0	0,0	OK
NER2a	12,0	LE1	338,6	0,2	0,0	OK
NER2b	12,0	LE1	329,8	0,1	0,0	OK
NER2c	12,0	LE1	268,6	0,0	0,0	OK
NER2d	12,0	LE1	251,7	0,0	0,0	OK
NER3a	12,0	LE1	200,0	0,0	0,0	OK
NER3b	12,0	LE1	208,2	0,0	0,0	OK
NER3c	12,0	LE1	118,3	0,0	0,0	OK
NER3d	12,0	LE1	131,2	0,0	0,0	OK
NER4a	12,0	LE1	328,3	0,1	0,0	OK
NER4b	12,0	LE1	338,6	0,2	0,0	OK
NER4c	12,0	LE1	254,3	0,0	0,0	OK
NER4d	12,0	LE1	272,2	0,0	0,0	OK
NER5a	12,0	LE1	181,5	0,0	0,0	OK
NER5b	12,0	LE1	87,5	0,0	0,0	OK
NER6a	12,0	LE1	135,9	0,0	0,0	OK
NER6b	12,0	LE1	255,9	0,0	0,0	OK
NER7a	12,0	LE1	84,6	0,0	0,0	OK
NER7b	12,0	LE1	189,2	0,0	0,0	OK
NER8a	12,0	LE1	268,3	0,0	0,0	OK

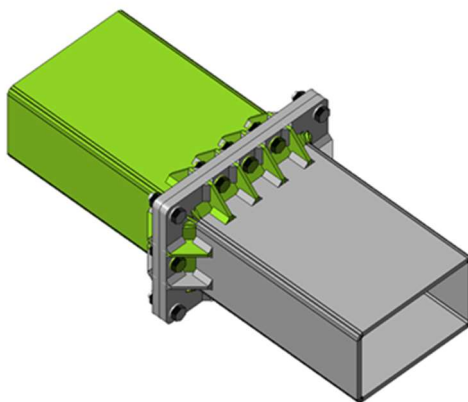
NER8b	12,0	LE1	120,6	0,0	0,0	OK
-------	------	-----	-------	-----	-----	----

Dati Progetto

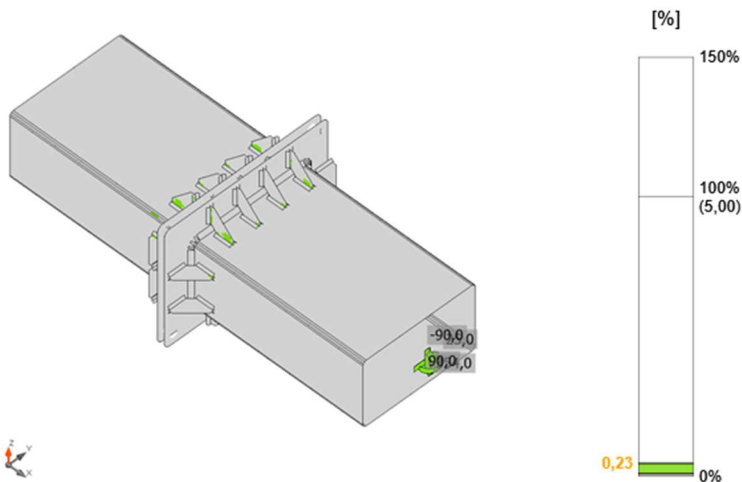
Materiale	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 355	355,0	5,0

Deformazione loc.

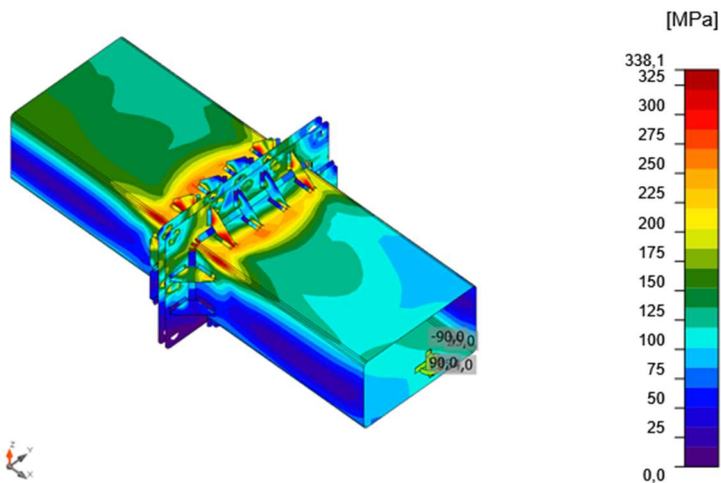
Nome	d0 [mm]	Carichi	δ [mm]	δ_{lim} [mm]	$\delta/d0$ [%]	Verifica Stato
B1	300	LE1	1	9	0,2	OK
B2	300	LE1	1	9	0,2	OK



Verifica globale, LE1



Verifica deformazione, LE1



Sforzo equivalente , LE1

Bulloni

	Nome	Carichi	F _{t,Ed} [kN]	V [kN]	U _t [%]	F _{b,Rd} [kN]	U _t [%]	U _{ts} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
	B1	LE1	130,4	8,3	40,4	246,9	3,8	32,7	OK	OK
	B2	LE1	183,8	8,2	56,9	241,5	3,8	44,4	OK	OK
	B3	LE1	266,5	7,5	82,5	270,1	3,5	62,4	OK	OK
	B4	LE1	260,6	7,9	80,7	252,2	3,7	61,3	OK	OK
	B5	LE1	262,3	8,1	81,2	245,6	3,8	61,8	OK	OK
	B6	LE1	1,6	7,1	0,5	241,5	3,3	3,7	OK	OK
	B7	LE1	0,0	8,0	0,0	248,7	3,7	3,7	OK	OK
	B8	LE1	0,0	7,2	0,0	245,0	3,4	3,4	OK	OK
	B9	LE1	0,0	6,4	0,0	252,1	3,0	3,0	OK	OK
	B10	LE1	0,0	6,4	0,0	273,9	3,0	3,0	OK	OK
	B11	LE1	194,7	9,7	60,3	356,2	4,5	47,6	OK	OK
	B12	LE1	110,5	9,0	34,2	344,3	4,2	28,6	OK	OK

Dati Progetto

Nome	F _{t,Rd} [kN]	B _{p,Rd} [kN]	F _{v,Rd} [kN]
M30 8.8 - 1	323,1	1075,1	215,4

Saldature (Ridistribuzione plastica)

Elemento	Bordo	Spess. gola [mm]	Lunghezza [mm]	Carichi	σ _{w,Ed} [MPa]	ε _{pI} [%]	σ _⊥ [MPa]	T [MPa]	T _⊥ [MPa]	U _t [%]	U _t [%]	Stato
PP1a	B1	▲20,0	1498	LE1	325,4	0,0	252,7	-86,7	-80,6	74,7	24,8	OK
PP1b	B2	▲20,0	1498	LE1	336,5	0,0	253,2	96,0	-84,6	77,3	26,9	OK
PP1a	NER1a	▲12,0▲	70	LE1	136,2	0,0	-50,4	55,4	-47,6	31,3	14,5	OK
		▲12,0▲	70	LE1	134,5	0,0	-43,5	-57,0	46,4	30,9	13,6	OK
B1-w 1	NER1a	▲12,0▲	70	LE1	176,1	0,0	-33,8	88,2	46,6	40,4	14,3	OK
		▲12,0▲	70	LE1	191,3	0,0	-47,2	-101,3	-34,4	43,9	21,8	OK
PP1a	NER1b	▲12,0▲	70	LE1	84,3	0,0	-19,8	41,5	-22,7	19,4	10,5	OK
		▲12,0▲	70	LE1	88,3	0,0	-28,9	-40,5	26,1	20,3	11,8	OK
B1-w 1	NER1b	▲12,0▲	70	LE1	156,1	0,0	-40,4	82,5	27,8	35,9	17,6	OK
		▲12,0▲	70	LE1	140,4	0,0	-26,1	-69,6	-38,7	32,2	10,5	OK
PP1a	NER1c	▲12,0▲	70	LE1	61,7	0,0	-25,9	18,7	-26,4	14,2	4,8	OK

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

		▲12,0▲	70	LE1	64,3	0,0	-27,9	-19,2	27,4	14,8	5,0	OK
B1-w 1	NER1c	▲12,0▲	70	LE1	115,3	0,0	-13,6	64,0	16,3	26,5	9,0	OK
		▲12,0▲	70	LE1	118,2	0,0	-15,9	-66,3	-13,2	27,1	9,5	OK
PP1a	NER1d	▲12,0▲	70	LE1	43,7	0,0	-18,6	13,1	-18,7	10,0	3,7	OK
		▲12,0▲	70	LE1	46,8	0,0	-20,5	-13,1	20,4	10,7	4,0	OK
B1-w 1	NER1d	▲12,0▲	70	LE1	108,7	0,0	-14,9	61,1	11,5	24,9	8,6	OK
		▲12,0▲	70	LE1	104,5	0,0	-11,0	-58,3	-14,4	24,0	8,2	OK
PP1a	NER2a	▲12,0▲	70	LE1	220,5	0,0	44,1	-107,1	63,9	50,6	37,5	OK
		▲12,0▲	70	LE1	132,3	0,0	20,2	75,5	-0,4	30,4	23,3	OK
B1-w 3	NER2a	▲12,0▲	70	LE1	241,4	0,0	54,8	-105,0	-86,0	55,4	22,3	OK
		▲12,0▲	70	LE1	262,4	0,0	80,7	135,4	49,5	60,2	44,2	OK
PP1a	NER2b	▲12,0▲	70	LE1	107,7	0,0	17,1	-61,2	-4,6	24,7	18,6	OK
		▲12,0▲	70	LE1	198,2	0,0	39,4	94,0	-61,1	45,5	32,7	OK
B1-w 3	NER2b	▲12,0▲	70	LE1	249,1	0,0	73,2	-129,9	-45,0	57,2	38,1	OK
		▲12,0▲	70	LE1	220,7	0,0	46,3	100,0	74,3	50,7	18,6	OK
PP1a	NER2c	▲12,0▲	70	LE1	119,4	0,0	19,8	-65,1	19,6	27,4	15,8	OK
		▲12,0▲	70	LE1	109,0	0,0	9,6	61,9	-9,8	25,0	14,4	OK
B1-w 3	NER2c	▲12,0▲	70	LE1	225,1	0,0	41,5	-116,1	-53,2	51,7	17,8	OK
		▲12,0▲	70	LE1	238,4	0,0	53,3	127,6	41,6	54,7	20,9	OK
PP1a	NER2d	▲12,0▲	70	LE1	113,1	0,0	13,4	-64,5	7,1	26,0	13,8	OK
		▲12,0▲	70	LE1	137,6	0,0	20,9	73,7	-27,2	31,6	16,0	OK
B1-w 3	NER2d	▲12,0▲	70	LE1	223,5	0,0	49,4	-120,0	-38,0	51,3	19,4	OK
		▲12,0▲	70	LE1	207,7	0,0	36,5	108,0	47,8	47,7	16,3	OK
PP1b	NER3a	▲12,0▲	70	LE1	83,1	0,0	-25,5	38,7	-24,3	19,1	11,6	OK
		▲12,0▲	70	LE1	81,1	0,0	-20,6	-39,7	21,8	18,6	10,5	OK
B2-w 1	NER3a	▲12,0▲	70	LE1	142,3	0,0	-25,5	71,1	38,5	32,7	10,7	OK
		▲12,0▲	70	LE1	157,9	0,0	-39,8	-84,0	-26,8	36,3	17,5	OK
PP1b	NER3b	▲12,0▲	70	LE1	132,7	0,0	-43,9	55,9	-45,9	30,5	13,6	OK
		▲12,0▲	70	LE1	131,6	0,0	-47,8	-54,0	45,8	30,2	14,3	OK
B2-w 1	NER3b	▲12,0▲	70	LE1	193,8	0,0	-46,5	-103,3	-33,6	44,5	21,8	OK
		▲12,0▲	70	LE1	179,0	0,0	-33,3	90,4	46,2	41,1	14,4	OK
PP1b	NER3c	▲12,0▲	70	LE1	37,6	0,0	-17,1	7,6	-17,8	8,6	3,6	OK
		▲12,0▲	70	LE1	35,4	0,0	-17,0	-7,5	16,3	8,1	3,3	OK
B2-w 1	NER3c	▲12,0▲	70	LE1	104,7	0,0	-9,8	58,6	13,6	24,0	8,3	OK
		▲12,0▲	70	LE1	109,3	0,0	-14,0	-61,7	-10,2	25,1	8,8	OK
PP1b	NER3d	▲12,0▲	70	LE1	56,3	0,0	-25,5	14,1	-25,3	12,9	4,5	OK
		▲12,0▲	70	LE1	52,3	0,0	-23,3	-13,3	23,5	12,0	4,3	OK
B2-w 1	NER3d	▲12,0▲	70	LE1	118,5	0,0	-14,7	66,8	12,2	27,2	9,5	OK
		▲12,0▲	70	LE1	115,9	0,0	-12,7	-64,8	-15,2	26,6	9,0	OK
PP1b	NER4a	▲12,0▲	70	LE1	190,9	0,0	35,4	-91,1	58,6	43,8	32,4	OK
		▲12,0▲	70	LE1	104,1	0,0	18,3	58,9	4,9	23,9	18,6	OK
B2-w 3	NER4a	▲12,0▲	70	LE1	223,1	0,0	46,2	102,4	73,5	51,2	18,6	OK
		▲12,0▲	70	LE1	250,5	0,0	71,8	-131,2	-44,4	57,5	37,7	OK
PP1b	NER4b	▲12,0▲	70	LE1	130,0	0,0	21,1	-74,0	0,2	29,8	23,5	OK
		▲12,0▲	70	LE1	216,9	0,0	41,9	105,7	-62,6	49,8	37,6	OK
B2-w 3	NER4b	▲12,0▲	70	LE1	264,2	0,0	80,3	-136,8	-49,0	60,7	44,3	OK
		▲12,0▲	70	LE1	243,7	0,0	54,7	107,0	85,8	56,0	22,4	OK
PP1b	NER4c	▲12,0▲	70	LE1	126,8	0,0	17,5	-68,4	24,0	29,1	15,5	OK
		▲12,0▲	70	LE1	105,0	0,0	12,5	59,9	-5,9	24,1	13,5	OK
B2-w 3	NER4c	▲12,0▲	70	LE1	212,8	0,0	36,9	-111,3	-47,5	48,9	16,6	OK
		▲12,0▲	70	LE1	227,4	0,0	48,7	122,5	38,0	52,2	19,5	OK
PP1b	NER4d	▲12,0▲	70	LE1	105,2	0,0	26,9	-51,1	28,8	24,1	14,2	OK
		▲12,0▲	70	LE1	115,6	0,0	32,5	56,2	-30,6	26,5	15,7	OK
B2-w 3	NER4d	▲12,0▲	70	LE1	242,8	0,0	53,1	-130,4	-41,2	55,7	21,3	OK
		▲12,0▲	70	LE1	229,7	0,0	41,5	119,0	53,3	52,7	18,2	OK
PP1a	NER5a	▲12,0▲	70	LE1	107,2	0,0	26,5	-57,6	16,6	24,6	14,8	OK
		▲12,0▲	70	LE1	112,1	0,0	11,8	60,6	-21,6	25,7	16,2	OK
B1-w 2	NER5a	▲12,0▲	70	LE1	116,6	0,0	37,5	-48,2	-41,8	26,8	14,0	OK
		▲12,0▲	70	LE1	122,7	0,0	41,1	55,8	36,7	28,2	18,5	OK
PP1a	NER5b	▲12,0▲	70	LE1	58,0	0,0	-6,6	33,3	-1,5	13,3	9,1	OK
		▲12,0▲	70	LE1	34,7	0,0	-1,9	20,0	0,1	8,0	5,6	OK
B1-w 2	NER5b	▲12,0▲	70	LE1	37,2	0,0	-7,3	20,6	4,0	8,5	4,9	OK
		▲12,0▲	70	LE1	37,5	0,0	-7,8	-18,0	-11,1	8,6	4,9	OK
PP1a	NER6a	▲12,0▲	70	LE1	81,4	0,0	9,5	-44,9	12,6	18,7	9,7	OK
		▲12,0▲	70	LE1	59,8	0,0	1,2	-33,2	-9,4	13,7	7,3	OK
B1-w 4	NER6a	▲12,0▲	70	LE1	42,4	0,0	9,8	-21,7	-9,8	9,7	4,6	OK
		▲12,0▲	70	LE1	51,2	0,0	14,8	24,0	14,9	11,7	5,1	OK

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

PP1a	NER6b	▲12,0▲	70	LE1	145,2	0,0	15,6	-80,3	22,3	33,3	22,6	OK
		▲12,0▲	70	LE1	155,8	0,0	35,3	82,8	-28,6	35,8	23,3	OK
B1-w 4	NER6b	▲12,0▲	70	LE1	192,5	0,0	61,3	-91,4	-52,5	44,2	28,4	OK
		▲12,0▲	70	LE1	181,0	0,0	52,9	78,6	61,7	41,5	19,7	OK
PP1b	NER7a	▲12,0▲	70	LE1	33,8	0,0	-3,4	-19,4	-1,3	7,8	5,6	OK
		▲12,0▲	70	LE1	59,9	0,0	-7,3	-34,2	2,1	13,7	9,5	OK
B2-w 4	NER7a	▲12,0▲	70	LE1	43,6	0,0	-9,4	21,1	12,5	10,0	5,2	OK
		▲12,0▲	70	LE1	43,5	0,0	-8,8	-24,0	-5,7	10,0	5,4	OK
PP1b	NER7b	▲12,0▲	70	LE1	115,2	0,0	9,7	-62,5	22,0	26,4	16,4	OK
		▲12,0▲	70	LE1	111,2	0,0	30,2	59,1	-17,9	25,5	15,2	OK
B2-w 4	NER7b	▲12,0▲	70	LE1	125,9	0,0	42,4	-57,3	-37,4	28,9	18,9	OK
		▲12,0▲	70	LE1	117,8	0,0	37,3	48,7	42,3	27,0	14,2	OK
PP1b	NER8a	▲12,0▲	70	LE1	159,3	0,0	38,8	-84,0	30,2	36,6	23,9	OK
		▲12,0▲	70	LE1	147,0	0,0	13,8	81,5	-22,4	33,8	22,9	OK
B2-w 2	NER8a	▲12,0▲	70	LE1	183,7	0,0	52,4	-80,1	-62,6	42,2	19,9	OK
		▲12,0▲	70	LE1	197,8	0,0	63,2	94,5	52,8	45,4	29,3	OK
PP1b	NER8b	▲12,0▲	70	LE1	59,9	0,0	0,8	33,5	8,8	13,8	7,4	OK
		▲12,0▲	70	LE1	78,3	0,0	7,5	43,6	-11,1	18,0	9,3	OK
B2-w 2	NER8b	▲12,0▲	70	LE1	45,8	0,0	12,9	-21,5	-13,5	10,5	4,4	OK
		▲12,0▲	70	LE1	38,8	0,0	8,9	20,2	8,3	8,9	4,2	OK

Dati Progetto



	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	$0,9 \sigma$ [MPa]
S 355	0,90	435,6	352,8

Stabilità


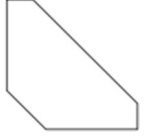
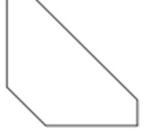
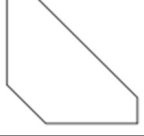
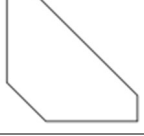
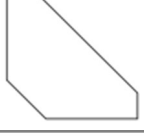
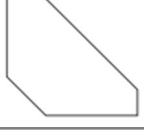
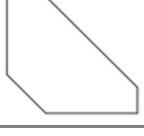
Carichi	Forma	Fattore [-]
LE1	1	15,20
	2	15,34
	3	18,93
	4	19,53
	5	23,78
	6	28,07

Distinta dei materiali

Operazioni di produzione

Nome	Piastre [mm]	Forma	N.	Saldature [mm]	Lunghezza [mm]	Bulloni	N.
PP1	P30,0x700,0-500,0 (S 355)		1	Raccordo: a = 20,0	2996,1	M30 8.8	12
	P30,0x700,0-500,0 (S 355)		1				

Relazione di calcolo pannello a messaggio variabile

NER1	P12,0x100,0-100,0 (S 355)		4	a T: a = 12,0	560,0		
NER2	P12,0x100,0-100,0 (S 355)		4	a T: a = 12,0	560,0		
NER3	P12,0x100,0-100,0 (S 355)		4	a T: a = 12,0	560,0		
NER4	P12,0x100,0-100,0 (S 355)		4	a T: a = 12,0	560,0		
NER5	P12,0x100,0-100,0 (S 355)		2	a T: a = 12,0	280,0		
NER6	P12,0x100,0-100,0 (S 355)		2	a T: a = 12,0	280,0		
NER7	P12,0x100,0-100,0 (S 355)		2	a T: a = 12,0	280,0		
NER8	P12,0x100,0-100,0 (S 355)		2	a T: a = 12,0	280,0		

Saldature

Tipo	Materiale	Spessore gola [mm]	Spessore gamba [mm]	Lunghezza [mm]
Raccordo	S 355	20,0	28,3	2996,1
a T	S 355	12,0	17,0	3360,0

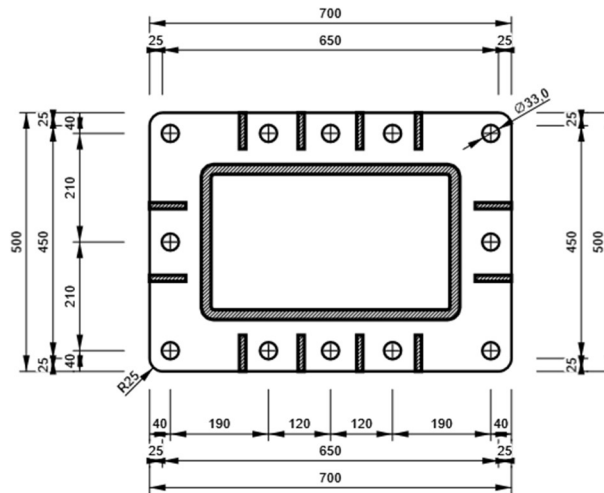
Bulloni

Nome	Lunghezza di attrito [mm]	Conteggio
------	---------------------------	-----------

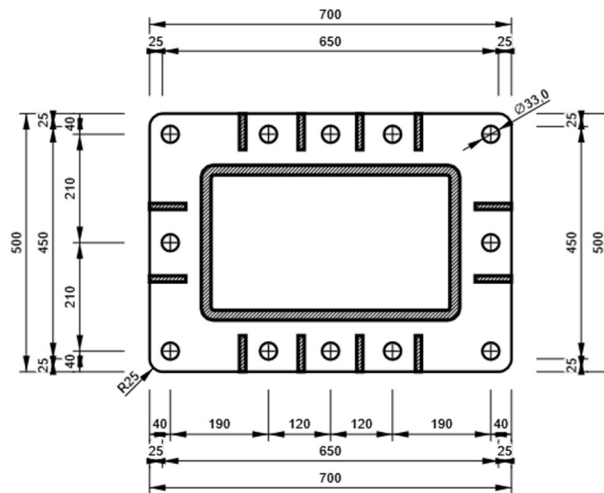
M30 8.8	60	12
---------	----	----

Disegno

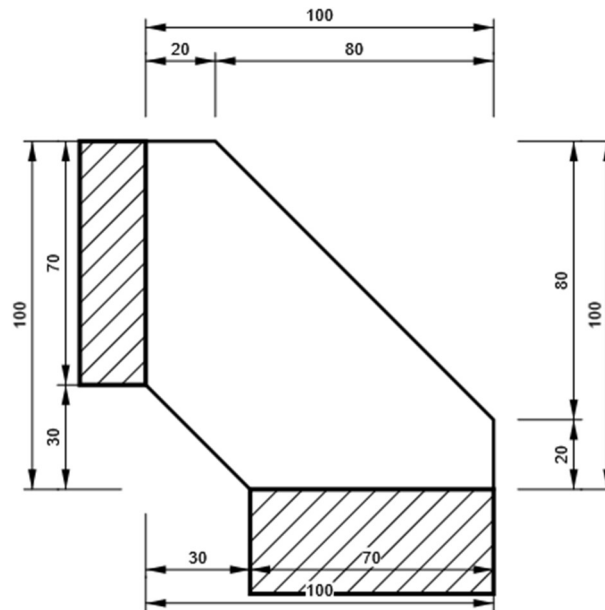
PP1 - PP1a - P30,0x500-700 (S 355)



PP1 - PP1b - P30,0x500-700 (S 355)



NER1/12- P12,0x100-100 (S 355)



10 GIUDIZIO MOTIVATO DI AFFIDABILITÀ DEI RISULTATI

Si riporta nel seguito, così come richiesto dalle norme vigenti, evidenza dell'accettabilità dei risultati ottenuti dal modello di calcolo.

In particolare si confrontano le reazioni alla base totali dovute ai carichi permanenti strutturali (g_1) con quanto calcolato manualmente, potendo poi estendere i risultati a tutte le altre combinazioni di carico.

La reazione globale totale alla base dal programma di calcolo è:

SUMMATION OF REACTION FORCES PRINTOUT						
	Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)		
	G1	0.000000	0.000000	622.936515		

Manualmente si ottiene invece:

► Giudizio motivato di accettabilità dei risultati (§10.2.1 NTC 2018)

Pali		Plinto		Montante		Traverso		Orditura secondaria	
H =	9.50 m	L =	4.00 m	H =	0.50 m	H =	0.30 m		
Φ =	0.30 m	B =	4.00 m	B =	0.50 m	B =	0.50 m		
		H =	1.00 m	L =	7.20 m	L =	7.75 m		
				sp =	0.019 m	sp =	0.019 m		
n° =	9	n° =	1	n° =	1	n° =	1		
γ =	2500 kg/m ³	γ =	2500 kg/m ³	γ =	7850 kg/m ³	γ =	7850 kg/m ³		
PP Palo =	15109 kg	PP Tr. =	40000 kg	PP Mon. =	1053 kg	PP Tr. =	903 kg	PP =	2295 kg
<i>Totale calcolo manuale</i>									59360 kg
<i>Totale FEM</i>									62200 kg
<i>Differenza percentuale</i>									+4,57 %