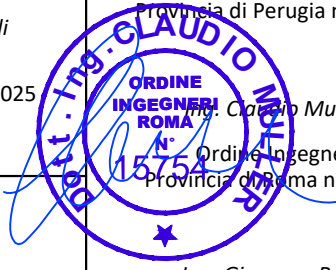


ASSE VIARIO MARCHE - UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA

Sublotto 2.2: Intervalliva Macerata - allaccio funzionale della SS77
alla città di Macerata alle località "La Pieve" e "Mattei"

PROGETTO DEFINITIVO

IL GEOLOGO <i>Dott. Geol. Salvatore Marino</i> Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1069	I PROGETTISTI SPECIALISTICI <i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111 <i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657 <i>Ing. Claudio Muller</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 15754 <i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629	PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria) GPI INGEGNERIA <i>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</i> (Mandante) <i>cooprogetti</i> cocoprogetti (Mandante)  (Mandante)  <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i> IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12) : <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> ORDINE INGEGNERI ROMA Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 140354035
COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE <i>Ing. Valerio Guidobaldi</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A30025		
VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO <i>Ing. Iginio Farotti</i>		

OPERE D'ARTE MAGGIORI TRATTO 2 – SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA Relazione tecnica e di calcolo

CODICE PROGETTO				NOME FILE				LO703.MC.D.P.ST502.00.STR.REL.001.B				REVISIONE		SCALA	
OPERA		LOTTO		STATO		SETTORE		WBS		DISCIPLINA		TIPO DOC.		N° PROGRESS.	
L0703		MC		D		P		ST50200		STR		REL		001	
CODICE ELAB.															
B								Revisione a seguito alle istruttorie Prot. QMU 0002937		Ott. 2020				Muller	
A								Emissione		Marzo 2020				Muller	
REV.								DESCRIZIONE		DATA		REDATTO		VERIFICATO	
														APPROVATO	

INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
3. NORMATIVA E RIFERIMENTI	5
4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	5
4.1. CALCESTRUZZO	5
4.1.1. Calcestruzzo per la realizzazione dello scatolare	5
4.1.2. calcestruzzo per muri di sostegno	6
4.2. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	6
4.3. DURABILITÀ, PRESCRIZIONI SUI MATERIALI, SCELTA DEGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE E DEI COPRIFERRI.....	7
5. PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DELLE STRUTTURE.....	8
6. CRITERI DI CALCOLO E DEFINIZIONE DELLE AZIONI	9
6.1. CRITERI DI CALCOLO	9
6.2. DEFINIZIONE DELLE DELL'AZIONI.....	9
6.3. CRITERI E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	10
7. COMBINAZIONI DI CARICO.....	12
7.1. TIPOLOGIA DI VERIFICHE	14
8. MODELLO DI CALCOLO	15
9. ANALISI DEI CARICHI.....	17
9.1. AZIONI PERMANENTI	17
9.1.1. Peso proprio degli elementi strutturali (g1)	17
9.1.2. Carichi permanenti portati (g2)	17
9.1.3. Spinta del terreno (g3)	17
9.2. DEFORMAZIONI IMPRESSE.....	18
9.2.1. Ritiro ε_2	18
9.2.2. Variazioni termiche (ε_3)	20
9.3. AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO	20
9.3.1. Carichi mobili verticali sulla soletta superiore	21
9.3.2. Spinta del sovraccarico sul rilevato	22
9.3.3. Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione.....	23
9.3.4. Azione centrifuga	24
9.4. AZIONE SISMICA	24
9.4.1. Forze sismiche orizzontali	25

9.4.2.	Forze sismiche verticali	25
9.5.	CARICHI ELEMENTARI E LORO COMBINAZIONI	25
9.5.1.	Condizioni di carico elementari	25
9.5.2.	Combinazioni di carico	26
10.	VERIFICHE STRUTTURALI	41
10.1.	VERIFICHE DELLE SEZIONI	41
10.1.	VERIFICHE DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	94
10.1.	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ	95
11.	VERIFICA DEL MURO AD L SUL LATO SINISTRO DELLO SCATOLARE	95
11.1.	PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DELLE STRUTTURE	96
11.2.	DEFINIZIONE DELLE DELL'AZIONI	96
11.2.1.	AZIONI PERMANENTI	96
11.2.2.	AZIONI VARIABILI	97
11.3.	VERIFICHE GEOTECNICHE	97
11.3.1.	VERIFICHE STRUTTURALI	103
11.3.2.	STRUMENTI DI CALCOLO	103
11.4.	VERIFICHE DEL MURO CON ALTEZZA PARI A 7.0M	104
11.5.	VERIFICHE DEL MURO CON ALTEZZA PARI A 4.0M	137
12.	VERIFICA DEL MURO AD U SUL LATO DESTRO DELLO SCATOLARE	156
12.1.	MODELLO DI CALCOLO E VERIFICHE MURO DI ALTEZZA 7.0M	156
12.1.1.	ANALISI DEI CARICHI	157
12.1.2.	Peso proprio degli elementi strutturali (g1)	158
12.1.3.	Carichi permanenti portati (g2)	158
12.1.4.	Spinta del terreno (g3)	158
12.1.5.	Carichi mobili verticali sulla soletta di fondazione	159
12.1.6.	Spinta del sovraccarico sul rilevato	160
12.1.7.	Azione sismica	161
12.1.8.	Forze sismiche orizzontali e verticali	161
12.1.1.	VERIFICHE DELLE SEZIONI	162
12.1.1.	VERIFICHE DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	189
12.2.	MODELLO DI CALCOLO E VERIFICHE MURO DI ALTEZZA 4.0M	190
12.2.1.	ANALISI DEI CARICHI	191
12.2.2.	Peso proprio degli elementi strutturali (g1)	191
12.2.3.	Carichi permanenti portati (g2)	191
12.2.4.	Spinta del terreno (g3)	192

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

12.2.5. Carichi mobili verticali sulla soletta di fondazione.....	192
12.2.6. Spinta del sovraccarico sul rilevato	194
12.2.7. Azione sismica	194
12.2.8. Forze sismiche orizzontali e verticali	195
12.2.9. VERIFICHE DELLE SEZIONI	195
12.2.10. VERIFICHE DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	218

PROGETTAZIONE ATI:

1. PREMESSA

L'opera d'arte in progetto è il sottopasso stradale localizzato alla contrada Fontescodella. Il sottovia sarà realizzato sul nuovo asse viario costituente l'Intervalliva di Macerata. Le soluzioni progettuali individuate per far fronte alle interferenze viarie sono delle opere di attraversamento che, in base alla loro importanza, si possono suddividere in opere d'arte maggiori (viadotti e ponti) e opere d'arte minori (ponticelli e scatolari). La struttura in progetto è costituita da uno scatolare, di dimensioni in retto pari a 12,56x7,90 m. La larghezza netta interna è pari a 8,00 m. A seguire vengono dimensionati i muri di sostegno in entrata ed uscita dal sottopasso.

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La struttura in progetto è costituita da uno scatolare di dimensioni in retto pari a 12,56x7,90 m. Il ricoprimento, ovvero la distanza tra la quota del piano stradale e l'estradosso della soletta superiore, è pari in media a 0.90 m circa, in cui è incluso circa 0.50 m di massiciata e pavimentazione stradale. Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di una struttura interrata e quelle di tipo stradale basate sulla Normativa D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018 – Norme tecniche per le costruzioni. L'opera ricade in zona sismica, pertanto, saranno applicate le azioni di rito previste dalla norma così come riportato nei capitoli successivi.

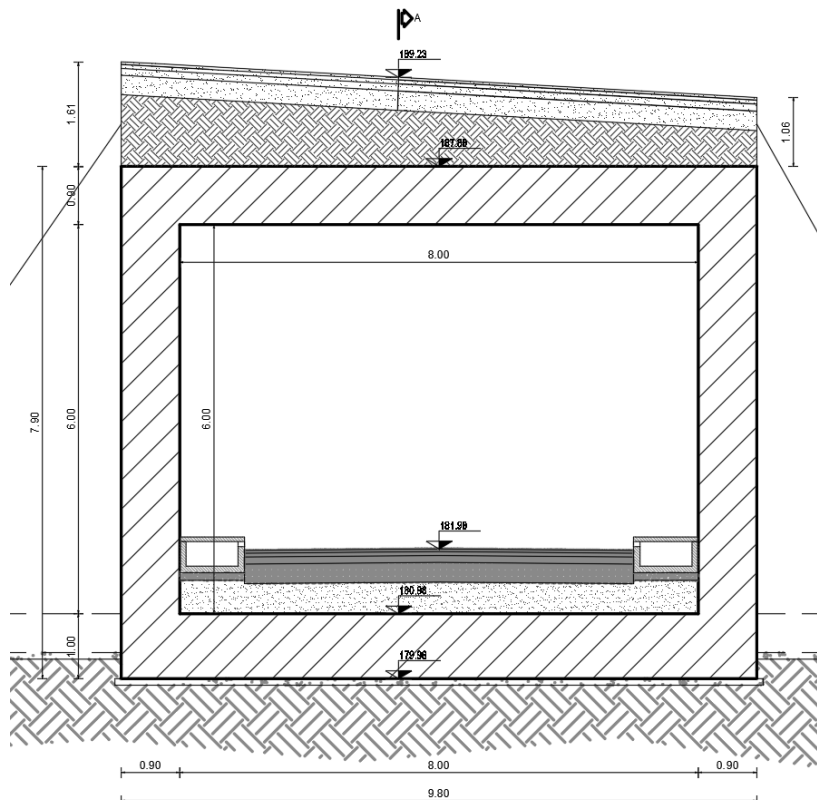


Figura 1: sezione trasversale del manufatto

3. NORMATIVA E RIFERIMENTI

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le prescrizioni contenute nelle seguenti normative.

- Legge 5/11/1971, n.1086 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso e a struttura metallica;
- D.M. Infrastrutture del 17.01.2018 – Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 " Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018";
- UNI EN 1990 (Eurocodice 0) – Aprile 2006: "Criteri generali di progettazione strutturale";
- UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale- Parte 1-1: "Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici";
- UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1) – Marzo 2005 – Azioni sulle strutture- Parte 2: "Carico da traffico sui ponti";
- UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2) – Gennaio 2006: "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: "Ponti in calcestruzzo - progettazione e dettagli costruttivi";
- UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7) – Febbraio 2005: "Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali";
- UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005: "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici";
- UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 2006: "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti";
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici".
- UNI EN 197-1 giugno 2001 – "Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni;
- UNI EN 206:2016 – "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità", Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1;

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1. CALCESTRUZZO

4.1.1. CALCESTRUZZO PER LA REALIZZAZIONE DELLO SCATOLARE

Per la realizzazione dello scatolare, si utilizza un calcestruzzo in classe Rck $\geq 35\text{MPa}$ che presenta le seguenti caratteristiche:

Classe di resistenza	C28/35
Modulo elastico	$E_{cm} = 32588 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 29.05 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = 37.05 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 16.46 \text{ N/mm}^2$

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Resistenza a trazione (valore medio)	$f_{ctm} = 2.83$	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 1.98$	N/mm ²
Massima dimensione aggregati	16	mm
Massimo rapporto A/C	0,50	
Minimo contenuto in cemento	320	kg/m ³

4.1.2. CALCESTRUZZO PER MURI DI SOSTEGNO

Per la realizzazione delle strutture in elevazione dei muri, si utilizza un calcestruzzo in classe Rck ≥ 40 MPa che presenta le seguenti caratteristiche:

Classe del calcestruzzo	C32/40
Classe di esposizione	XC4
Rapporto massimo acqua/cemento	0.50 -
Contenuto minimo di cemento	340 kg/m ³
Classe di consistenza (Slump)	S4 -
Dimensione massima dell'aggregato	16 mm

4.2. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio saldabile del tipo B450C controllato in stabilimento caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

$$f_{y\ nom} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t\ nom} = 540 \text{ N/mm}^2$$

L'acciaio B450C deve rispettare le caratteristiche riportate nella seguente tabella.

Proprietà	Requisito	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	≥ 450 MPa	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	≥ 540 MPa	5.0
$(f_t/f_y)_k$	≥ 1.15 ≤ 1.35	10.0
$(f_t/f_{ynom})_k$	≤ 1.25	10.0
Allungamento totale al carico massimo (A_{gt})	$\geq 7.5\%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12$	4 ϕ	
$12 \leq \phi \leq 16$	5 ϕ	
$16 < \phi \leq 25$	8 ϕ	
$25 < \phi \leq 40$	10 ϕ	

Caratteristiche dell'acciaio

La resistenza di calcolo dell'acciaio f_{yd} è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è pari a:

PROGETTAZIONE ATI:

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 450/1.15 = 391.3 \text{ MPa}$$

essendo:

$$\gamma_s = 1.15$$

il coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio.

4.3. DURABILITÀ, PRESCRIZIONI SUI MATERIALI, SCELTA DEGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE E DEI COPRIFERRI

Il calcestruzzo deve essere in grado di resistere in maniera soddisfacente alle condizioni ambientali e di lavoro cui è sottoposto durante la vita dell'opera. Nella presente sezione si valutano pertanto le caratteristiche dei calcestruzzi (resistenza caratteristica, copriferri, ecc..) da impiegare per la realizzazione delle diverse parti dell'opera in oggetto tali da conseguire il requisito di durabilità richiesto.

Per lo scatolare in relazione alle classi di esposizione ambientale definite nella UNI EN 206-1 e nella UNI 11104, sono state attribuite ai diversi elementi strutturali le seguenti classi di esposizione:

strutture di fondazione	XC2
strutture di elevazione	XC3

Le condizioni ambientali (vedi Tabella 4.1.III delle NTC18) sono pertanto le seguenti:

strutture di fondazione	ordinarie
strutture di elevazione	ordinarie

La scelta degli stati limite di fessurazione viene effettuata sulla base della Tabella 4.1.IV delle NTC2018 in funzione delle condizioni ambientali definite precedentemente e della tipologia di armatura, nel caso in esame definita poco sensibile, in quanto si tratta di acciai ordinari. Per le strutture di **fondazione e di elevazione**, il valore di calcolo di apertura delle fessure w_d deve soddisfare i seguenti requisiti:

- $w_d < w_3 = 0.4$ mm per combinazione frequente (c.a. ordinarie, armatura poco sensibile);
 - $w_d < w_2 = 0.3$ mm per combinazione quasi permanente (c.a. ordinarie, armatura poco sensibile).
- L'armatura deve essere protetta da un adeguato ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) che deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto della tolleranza di posa delle armature.

La distanza tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale c_{nom} è somma di due contributi, il copriferro minimo c_{min} e la tolleranza di posizionamento h , ovvero:

$$c_{nom} = c_{min} + h.$$

La tolleranza di posizionamento delle armature h , per le strutture gettate in opera, è assunta pari a:

$$h = 5 \text{ mm.}$$

Considerata la classe di esposizione ambientale dell'opera, la tipologia dell'opera e la classe del calcestruzzo impiegato C28/35, il copriferro minimo assunto è pari a:

$$c_{min} = 37 \text{ mm.}$$

In definitiva il valore nominale del copri ferro risulta pari a:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$$C_{nom} = C_{min} + h = 37 + 5 = 42 \text{ mm}$$

A vantaggio di sicurezza si adotta un copriferro pari a 45 mm.

Per i muri di sostegno esterni allo scatolare, in relazione alle classi di esposizione ambientale definite nella UNI EN 206-1 e nella UNI 11104, sono state attribuite ai diversi elementi strutturali le seguenti classi di esposizione:

strutture di fondazione	XC2
strutture di elevazione	XC4

	strutture di fondazione	strutture di elevazione
Classe di esposizione	XC2	XC4
Massimo rapporto a/c	0.55	0.50
Minima classe di resistenza	C28/35	C32/40
Minimo contenuto in cemento	320	340

Tabella 1: Valori limiti per la composizione del calcestruzzo dei muri

Pertanto si adotta un copriferro pari a 50 mm.

5. PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DELLE STRUTTURE

Il terreno a tergo delle strutture in oggetto è costituito da terreno per rilevati stradali; si considerano prudenzialmente ai fini del calcolo i parametri geotecnici del terreno di fondazione dedotti dalla relazione geologica allegata al progetto:

$$\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 35^\circ \text{ per gli SL STR}$$

$$\varphi_d = \arctan(\tan \varphi_k / \gamma_\varphi) = 29.2^\circ \text{ per gli SL GEO}$$

Lo scavo avviene a cielo aperto con pendenza 3:2.

Per la valutazione teorica del coefficiente di reazione verticale si ricorre al modulo elastico del terreno di sottofondo.

Considerando un numero fisso e pari a 9 di molle elastiche, la caratteristica elastica della generica molla viene calcolata attraverso la formulazione di Vogt:

$$k_s = \frac{1.33 \cdot E}{\sqrt[3]{b_t^2 \cdot b_l}}$$

- K_s = costante di sottofondo [F/L^3]
- b_t = dimensione trasversale dell'opera
- b_l = dimensione longitudinale dell'opera
- E = modulo di Young del terreno

E (MPa)	10.0
Numero di molle per unità di lunghezza	9
b_t (m)	8.90

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

b_l (m)	1.00
$K_{verticale}$ (kN/m ³)	3096.88

Il modulo di Young è stato dedotto dalla relazione geotecnica. Lo strato a cui si fa riferimento è la formazione A. La categoria del sottosuolo di riferimento è la **C**.

6. CRITERI DI CALCOLO E DEFINIZIONE DELLE AZIONI

6.1. CRITERI DI CALCOLO

In ottemperanza al D.M. del 17.01.2018 (Norme tecniche per le costruzioni), i calcoli sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

Per l'analisi strutturale, volta alla valutazione degli effetti delle azioni sia per gli SLE sia per gli SLU, si adotta il metodo dell'analisi elastica lineare.

Per la determinazione degli effetti delle azioni, le analisi vengono effettuate assumendo:

- sezioni interamente reagenti con rigidzze valutate riferendosi al solo calcestruzzo;
- relazioni tensioni deformazioni lineari;
- valori medi del modulo di elasticità.

Le unità di misura adottate sono i m per le lunghezze, kN e m per le forze e le Sollecitazioni, i N e mm per le tensioni (MPa=N/mm²).

6.2. DEFINIZIONE DELLE DELL'AZIONI

Le azioni da considerare nella progettazione dei ponti stradali sono:

- le azioni permanenti
- le distorsioni, ivi comprese quelle dovute a presollecitazioni di progetto e quelle di origine termica;
- le azioni variabili da traffico;
- le azioni variabili da vento e neve;
- le azioni eccezionali;
- le azioni sismiche.

La viscosità deve essere considerata associata a quelle azioni per le quali da effetto.

Nella seguente tabella sono riportate esplicitamente tutte le azioni da considerare nella progettazione dei ponti stradali.

Azioni permanenti	g_1 = peso proprio degli elementi strutturali e non strutturali; g_2 = carichi permanenti portati (pavimentazione stradale, marciapiedi, sicurvia, parapetti, attrezzature stradali, rinfianchi e simili); g_3 = altre azioni permanenti (spinta delle terre, spinte idrauliche, ecc).
Deformazioni impresse	ε_1 = distorsioni e presollecitazioni di progetto; ε_2 = effetti reologici: ritiro e viscosità; ε_3 = variazioni termiche; ε_4 = cedimenti vincolari.
Azioni variabili da	q_1 = carichi mobili;

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

traffico	q_2 = incremento dinamico addizionale in presenza di discontinuità strutt.; q_3 = azione longitudinale di frenamento; q_4 = azione centrifuga.
Azioni dovute al vento e alla neve	$q_{5,A}$ = azione dovuta al vento; $q_{5,B}$ = azione dovuta alla neve.
Azioni sismiche	q_6 = azioni sismiche.
Resistenze parassite dei vincoli	q_7 = resistenze parassite dei vincoli.
Azioni sui parapetti. Urto di veicolo in svio	q_8 = azioni sui parapetti. Urto di veicolo in svio.
Altre azioni variabili	$q_{9,A}$ = azioni idrauliche; $q_{9,B}$ = urto di un veicolo contro le strutture; $q_{9,C}$ = urto di ghiacci e natanti sulle pile.

Tabella 2: Azioni considerate nella progettazione
6.3. CRITERI E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'effetto dell'azione sismica di progetto sull'opera nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, la struttura di fondazione, gli elementi strutturali e non, nonché gli impianti, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 della norma.

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative al solo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nel § 7 e siano soddisfatte le verifiche relative al solo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Per Stato Limite di Danno (SLD) s'intende che l'opera, nel suo complesso, a seguito del terremoto, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non provocare rischi agli utenti e non compromette significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali. Lo stato limite di esercizio comporta la verifica delle tensioni di lavoro, in conformità al § 4.1.2.2.5 (NT).

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si intende che l'opera a seguito del terremoto subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidezza) nei confronti delle azioni verticali.

In merito alle opere scatolari di cui trattasi, nel rispetto del punto § 7.9.2., assimilando l'opera scatolare alla categoria delle spalle da ponte, rientrando tra le opere che si muovono con il terreno (§ 7.9.2.1), si può ritenere che la struttura debba mantenere sotto l'azione sismica un

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

comportamento elastico; queste categorie di opere che si muovono con il terreno non subiscono le amplificazioni dell'accelerazione del suolo.

A riguardo del calcolo allo SLV, dovendo la struttura mantenere durante l'evento sismico un comportamento elastico, vengono eseguite le verifiche alle tensioni di esercizio (§ 4.1.2.2.5), assumendo come limite delle tensioni di esercizio quelle adottate per la combinazione caratteristica (rara) (EC2 § 7.2). Tale combinazione, in accordo al punto § 7.10.6.1. (NTC) e alla Circolare (nella quale si afferma che il sostanziale mantenimento in campo elastico della struttura nelle verifiche allo SLU, fornisce ampie garanzie rispetto alla sicurezza nei confronti dello SLD), consente di ritenere soddisfatte anche le verifiche nei confronti dello SLD.

Per la definizione dell'azione sismica, occorre definire il periodo di riferimento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato.

La vita nominale (V_N) dell'opera è stata assunta pari a (cfr. par. 2.4.1. NTC): $V_N = 50$ anni.

La classe d'uso (cfr. par. 2.4.2. NTC) assunta è la **IV**, il coefficiente d'uso risulta pertanto pari a (cfr. tab. 2.4.II NTC): $C_u = 2.0$

Il periodo di riferimento (V_R) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso vale:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 100 \text{ anni}$$

I valori di probabilità di superamento del periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente è:

$$P_{VR}(\text{SLV}) = 10\%$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R espresso in anni, vale:

$$T_R(\text{SLV}) = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = 949 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di a_g , F_0 , T^*_c .

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- S coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_t).

L'opera in esame è situata alle seguenti coordinate:

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	IV
Vita di riferimento	100 anni
Luogo	Macerata - Contrada Fontescodella
Longitudine (WGS84)	13.4364

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

 Latitudine (WGS84)
 Categoria del suolo

 43.2845
 C

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag/g*S)
SLO	60	0.074	2.43	0.29	1.57	1.50	0.111
SLD	101	0.093	2.42	0.31	1.55	1.50	0.140
SLV	949	0.226	2.46	0.35	1.49	1.37	0.309
SLC	1950	0.286	2.51	0.35	1.48	1.27	0.363

Tabella 3: Parametri sismici di progetto

La risposta all'azione sismica viene valutata mediante analisi statica in campo lineare separatamente per ciascuna componente, x e z. Gli effetti delle diverse componenti dell'azione sismica sulla struttura (in termini di sollecitazioni, deformazioni, spostamenti ecc.) sono combinati successivamente mediante la seguente espressione:

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_z$$

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

7. COMBINAZIONI DI CARICO

Nel presente capitolo vengono definite le combinazioni di carico utilizzate nei calcoli.

Ai fini delle verifiche agli stati limite, in accordo con le NTC2018 si definiscono le seguenti combinazioni di azioni:

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

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{G3} G_3 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot \gamma_{Q3} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione RARA (RA), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione QUASI PERMANENTE (QP), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione SISMICA (SIS), impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica:

$$E + G_1 + G_3 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

- Combinazione ECCEZIONALE (EC), impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto:

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + A_d + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Nelle combinazioni per le verifiche allo stato limite di esercizio (SLE), ovvero quelle rare, frequenti e quasi permanenti, si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Gli stati limite ultimi delle opere interrate si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche vengono condotte secondo l'approccio progettuale denominato "Approccio 1", nel quale sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti delle opere strutturali a contatto con il terreno e verrà pertanto utilizzata per la verifica degli elementi strutturali; mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico e verrà utilizzata per la determinazione dei carichi in fondazione.

Combinazione 1 → (A1+M1+R1) → STR
 Combinazione 2 → (A2+M2+R2) → GEO

Vengono utilizzati i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.II e 5.1.V per i parametri geotecnici e le azioni. Nel caso in esame dai dati riportati in tabella consegue che per la determinazione dei carichi in fondazione (combinazione 2) agli SLU, la valutazione delle spinte sul manufatto devono essere valutate utilizzando un angolo di attrito φ_d ottenuto mediante la seguente relazione:

$$\varphi_d = \arctan(\tan \varphi_k / \gamma_\varphi)$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_i \Psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

I valori del coefficiente Ψ_{2i} sono quelli riportati nella tabella 5.1.VI e § 2.5.I della norma; la stessa propone nel caso di ponti, e più in generale per opere stradali, di assumere per i carichi dovuti al transito dei mezzi $\Psi_{2i} = 0 \div 0.2$ (condizione cautelativa). Data la natura dell'opera in progetto, così come previsto dalla norma, si può assumere $\Psi_{2i} = 0$.

Condizione di carico	γ_i		Ψ_{0i}	Ψ_{1i}	Ψ_{2i}
	A1	A2			

PROGETTAZIONE ATI:

		STR	GEO			
G ₁	Peso proprio degli elementi strutturali e non strutturali	1.00-1.35	1.00-1.00	-	-	-
G ₂	Carichi permanenti portati (compiutamente definiti)	1.00-1.35	1.00-1.00	-	-	-
G ₃	Spinta delle terre a riposo	1.00-1.30	1.00-1.00	-	-	-
ε ₁	Distorsioni e presollecitazioni di progetto	1.00-1.00	1.00-1.00	-	-	-
ε ₂	Ritiro e viscosità	0.00-1.20	0.00-1.00	-	-	-
ε ₃	Variazioni termiche	0.00-1.20	0.00-1.00	0.6	0.6	0.5
ε ₄	Cedimenti vincolari	0.00-1.20	0.00-1.00	-	-	-
Q ₁	Carichi mobili schema 1 (carichi tandem)	0.00-1.35	0.00-1.15	0.75	0.75	0.0
	schemi 1, 5 e 6 (carichi distrib.)	0.00-1.35	0.00-1.15	0.4	0.4	0.0
	schemi 3 e 4 (carichi conc.)	0.00-1.35	0.00-1.15	0.4	0.4	0.0
	schema 2	0.00-1.35	0.00-1.15	0.0	0.75	0.0
Q ₂	Incremento dinamico addizionale in presenza di discontinuità strutturali	0.00-1.35	0.00-1.15	0.6	0.6	0.5
Q ₃	Azione longitudinale di frenamento	0.00-1.35	0.00-1.15	1.0	0.5	0.3
Q ₄	Azione centrifuga	0.00-1.35	0.00-1.15	1.0	0.0	0.0
Q _{5,A}	Azione del vento a ponte scarico SLU e SLE	0.00-1.50	0.00-1.30	0.6	0.2	0.0
	a ponte scarico esecuzione	0.00-1.50	0.00-1.30	0.8	---	0.0
	a ponte carico	0.00-1.50	0.00-1.30	0.6	---	---
Q _{5,B}	Azione dovuta alla neve SLU e SLE	0.00-1.50	0.00-1.50	0.0	0.0	0.0
	esecuzione	0.00-1.50	0.00-1.50	0.8	0.6	0.5
Q ₆	Azioni sismiche	0.30-1.00	0.30-1.00	-	-	-
Q ₇	Resistenze parassite dei vincoli	0.00-1.50	0.00-1.30	-	-	-
Q ₈	Azioni sui parapetti. Urto di veicolo in svio	0.00-1.50	0.00-1.30	-	-	-
Q _{9,A}	Azioni idrauliche	0.00-1.50	0.00-1.30	-	-	-
Q _{9,B}	Urto di un veicolo contro le strutture	0.00-1.50	0.00-1.30	-	-	-
Q _{9,C}	Urto di ghiacci e natanti sulle pile	0.00-1.50	0.00-1.30	-	-	-

Tabella 4: Carichi, coefficienti parziali di sicurezza e coefficienti di combinazione

7.1. TIPOLOGIA DI VERIFICHE

Verifiche agli stati limite ultimi su strutture di fondazione e di elevazione.

Si verifica che sia $E_d \leq R_d$. Dove E_d è il valore di progetto delle azioni e R_d è la corrispondente resistenza di progetto.

Verifiche agli stati limite di esercizio

Verifiche a fessurazione – Stato limite di apertura delle fessure su strutture di fondazione ed elevazione

- $w_d < w_3 = 0.4$ mm per combinazione frequente (c.a. ordinarie, armatura poco sensibile);

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

- $w_d < w_2 = 0.3$ mm per combinazione quasi permanente (c.a. ordinarie, armatura poco sensibile);

Verifica delle tensioni di esercizio su strutture di fondazione ed elevazione

- $\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck} = 0.6 \cdot 29.1 = 17.4$ MPa per combinazione rara;
- $\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck} = 0.45 \cdot 29.1 = 13.1$ MPa per combinazione quasi permanente;
- $\sigma_s < 0.8 \cdot f_{yk} = 0.8 \cdot 450 = 360$ MPa per combinazione rara.

8. MODELLO DI CALCOLO

Come modello di calcolo (si vedano le figure successive) si è assunto lo schema statico di telaio chiuso analizzato attraverso un'analisi elastico-lineare attraverso il programma di calcolo agli elementi finiti Midas Gen.

La mesh (si vedano le figure seguenti) è composta da 39 beam elements. Tale telaio viene descritto attraverso le linee d'asse delle singole membrature e pertanto, le aste del modello avranno lunghezza pari alla dimensione netta interna maggiorate della metà degli spessori delle aste adiacenti.

L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici.

Il suolo viene modellato facendo ricorso all'usuale artificio delle molle elastiche alla Winkler. La soletta inferiore viene divisa in 8 elementi per poter schematizzare, tramite le molle applicate, l'interazione terreno-struttura.

Considerando un numero fisso e pari a 9 di molle elastiche, la caratteristica elastica della generica molla viene calcolata attraverso la formulazione di Vogt:

$$k_s = \frac{1.33 \cdot E}{\sqrt[3]{b_t^2 \cdot b_l}}$$

- K_s = costante di sottofondo [F/L³]
- b_t = dimensione trasversale dell'opera
- b_l = dimensione longitudinale dell'opera
- E = modulo di Young del terreno

E (MPa)	10
Numero di molle per unità di lunghezza	9
b_t (m)	8.90
b_l (m)	1.00
$K_{verticale}$ (kN/m ³)	3096.88

Nella presente relazione si adotta un modulo di reazione verticale
 $K_v = 3096$ kN/m³

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle, ottenendo per le 3 molle centrali un valore di:

$$K_{centrale} = K_s \cdot (L_p/2 + L_{int} + L_p/2) / 9$$

$$K_7, \dots K_9 = 3061.6 \text{ kN/m}$$

PROGETTAZIONE ATI:

I valori delle molle di spigolo si ottengono con la seguente formulazione:

$$K_1 = K_2 = 2 \cdot K_s \cdot [(L_p/2 + L_{int} + L_p/2) / 9/2 + (L_p/2)] = 5848 \text{ kN/m}$$

ed infine in valori delle molle nei nodi 5,6,10 e 11 come da letteratura si assumono:

$$K_5 = K_6 = K_{10} = K_{11} = 1.5 \cdot K_{centrale} = 4592.4 \text{ kN/m}$$

Agli effetti delle caratteristiche geometriche delle varie aste si è quindi assunto:

- una sezione rettangolare $b \times h = 1.00 \times 0.90 \text{ m}$ per la soletta superiore
- una sezione rettangolare $b \times h = 1.00 \times 1.00 \text{ m}$ per la soletta di fondazione
- una sezione rettangolare $b \times h = 1.00 \times 0.90 \text{ m}$ per i piedritti

Per le aste del reticolo si è assunto:

$$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm}/10]^{0.3} = 33643 \text{ MPa; modulo elastico del cls}$$

Lo schema statico della struttura e la relativa numerazione dei nodi e delle aste sono riportati nella figura 2.

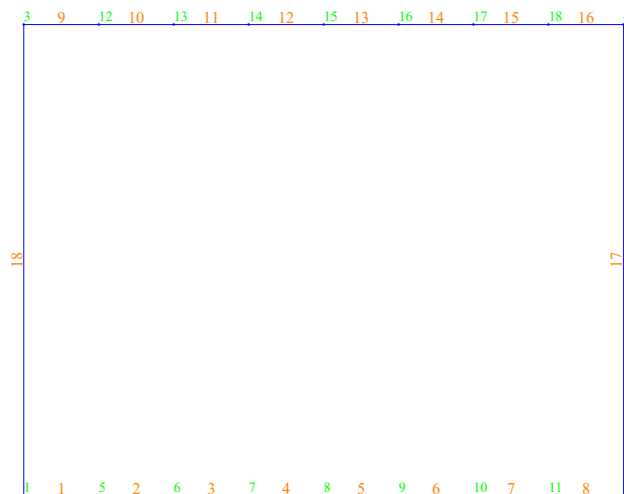


Figura 2: Modello di calcolo implementato

I	Name	Type	Standard	DB	Poisso	Thermal (1/[C])	Density (kN/m^3)	Mass Density (kN/m^3/g)
1	Calcestruzz	Concret	NTC18 (RC	C28/3	0.2	1.0000e-005	2.5000e+001	2.5493e+000

Tabella 5: Materiale da modello di calcolo

Node	Fixed	SDz (kN/m)	SRz (kN*m/[rad])
1	110011	5848.0000	0.00
2	110011	5848.0000	0.00
5	110011	4592.4000	0.00
6	110011	4592.4000	0.00
7	110011	3061.6000	0.00
8	110011	3061.6000	0.00
9	110011	3061.6000	0.00
10	110011	4592.4000	0.00
11	110011	4592.4000	0.00

PROGETTAZIONE ATI:

Tabella 6: Molle alla Winkler applicate nel modello di calcolo

9. ANALISI DEI CARICHI

Nel seguente paragrafo, sulla base di quanto riportato al capitolo precedente, si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza in esercizio ed in presenza dell'evento sismico per la struttura in oggetto.

9.1. AZIONI PERMANENTI

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato:	25.0 kN/m ³
- rilevato	20.0 kN/m ³
- sovrastruttura stradale	22.0 kN/m ³

9.1.1. PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI (G1)

I pesi propri degli elementi strutturali per metro lineare di struttura sono i seguenti:

- soletta superiore	$0.90 \cdot 25 = 22.50 \text{ kN/m}^2$
- soletta inferiore	$1.00 \cdot 25 = 25.00 \text{ kN/m}^2$
- piedritti	$0.90 \cdot 25 = 22.50 \text{ kN/m}^2$

9.1.2. CARICHI PERMANENTI PORTATI (G2)

I carichi permanenti portati (per metro lineare di struttura in obliquo) sono i seguenti:

- peso sovr. stradale soletta sup.	$0.50 \cdot 22 = 11.00 \text{ kN/m}^2$
------------------------------------	--

A vantaggio di sicurezza si considera uno spessore pari a 0.90 m, pari allo spessore massimo del rilevato.

- peso rilevato soletta sup.	$0.90 \cdot 20 = 18.00 \text{ kN/m}^2$
- peso rilevato soletta inf.	$0.50 \cdot 20 = 10.00 \text{ kN/m}^2$

Carico "2" nel modello di calcolo.

9.1.3. SPINTA DEL TERRENO (G3)

Il rinterro a ridosso dello scatolare verrà realizzato tramite materiale arido di buone caratteristiche meccaniche (cautelativamente si trascurano le caratteristiche del pacchetto di transizione in misto stabilizzato).

Si assumono per il terreno costituente il rilevato i seguenti parametri geotecnici:

$\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$	
$\phi = 35^\circ$	per gli SL STR
$\phi = 29.3^\circ$	per gli SL GEO

I coefficienti di spinta a riposo e di spinta attiva valgono rispettivamente:

$$k_0 = 1 - \sin \phi = 0.426 \quad \text{per gli SL STR}$$

PROGETTAZIONE ATI:

$$k_0 = 1 - \sin \phi = 0.511$$

per gli SL GEO

Le pressioni del terreno relative alla spinta a riposo ed alla spinta attiva, in corrispondenza dell'estradosso e dell'intradosso dello scatolare risultano essere le seguenti:

$$p_{z=1.60} = k_0 \cdot (q_0 + \gamma \cdot z) = 0.426 \cdot (19 + 20 \cdot 1.60) \cong 21.73 \text{ kN/m}^2 \quad \text{per gli SL STR}$$

$$p_{z=9.11} = k_0 \cdot (q_0 + \gamma \cdot z) = 0.426 \cdot (21.73 + 20 \cdot 9.11) \cong 86.87 \text{ kN/m}^2 \quad \text{per gli SL STR}$$

(rappresenta il carico "3" nel modello di calcolo)

$$p_{z=1.60} = k_0 \cdot (q_0 + \gamma \cdot z) = 0.511 \cdot (19 + 20 \cdot 1.60) \cong 26.07 \text{ kN/m}^2 \quad \text{per gli SL GEO}$$

$$p_{z=9.11} = k_0 \cdot (q_0 + \gamma \cdot z) = 0.511 \cdot (24.52 + 20 \cdot 9.11) \cong 104.21 \text{ kN/m}^2 \quad \text{per gli SL GEO}$$

(rappresenta il carico "13" nel modello di calcolo)

Naturalmente queste spinte saranno opportunamente combinate, utilizzando i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

9.2. DEFORMAZIONI IMPRESSE

9.2.1. RITIRO ϵ_2

Si considera soggetta a fenomeni di ritiro la sola soletta superiore.

La deformazione totale da ritiro si può esprimere come: $\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$

dove:

ϵ_{cs} è la deformazione totale per ritiro

ϵ_{cd} è la deformazione per ritiro da essiccamento

ϵ_{ca} è la deformazione per ritiro autogeno.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento: $\epsilon_{cd,\infty} = k_h \cdot \epsilon_{c0}$ può essere valutato mediante i valori delle seguenti Tab. 11.2.Va-b (NTC) in funzione della resistenza caratteristica a compressione, dell'umidità relativa e del parametro h_0 :

fck	Deformazione da ritiro per essiccamento (in ‰)					
	Umidità relativa (in ‰)					
	20	40	60	80	90	100
20	-0,62	-0,58	-0,49	-0,30	-0,17	+0,00
40	-0,48	-0,46	-0,38	-0,24	-0,13	+0,00
60	-0,38	-0,36	-0,30	-0,19	-0,10	+0,00
80	-0,30	-0,28	-0,24	-0,15	-0,07	+0,00

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO
Tabella 7: Valori di ε_{c0} (Tabella 11.2. NTC18)

h_0 (mm)	k_h
100	1,0
200	0,85
300	0,75
≥ 500	0,70

Tabella 8: Valori di k_h (Tabella 11.2. Vab NTC18)

I valori intermedi dei parametri indicati in tabella si ottengono per l'interpolazione lineare.

Lo sviluppo nel tempo della deformazione ε_{cd} può essere valutato come:

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t-t_s) \cdot \varepsilon_{cd,\infty}$$

In cui la funzione di sviluppo temporale assume la forma:

$$\beta_{ds}(t-t_s) = (t-t_s) / [(t-t_s) + 0.04h_0^{3/2}]$$

dove:

t è l'età in giorni del calcestruzzo nel momento considerato

$t_s = 1$ giorno, è l'età del calcestruzzo a partire dal quale si considera l'effetto del ritiro da essiccamento;

$h_0 = 2A/u$ è la dimensione fittizia in cui:

A_c è l'area della sezione in calcestruzzo;

U è il perimetro della sezione in calcestruzzo esposta all'aria.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro autogeno $\varepsilon_{ca,\infty}$ può essere valutato mediante l'espressione:

$$\varepsilon_{ca,\infty} = -2.5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} \quad (\text{con } f_{ck} \text{ in N/mm}^2)$$

L'andamento nel tempo del ritiro autogeno è dato dalla seguente relazione:

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2 \cdot t^{0.5})$$

Per le componenti strutturali dell'elemento in esame, assumendo un'umidità relativa pari a 70% si ha:

Elemento	f_{ck} (MPa)	h_0 (mm)	k_h (-)	ε_{c0} (‰)	$\varepsilon_{cd,\infty}$ (‰)	$\beta_{ds}(t=180)$ (-)	$\varepsilon_{ca,\infty}$ (‰)	$\beta_{as}(t=180)$ (-)	$\varepsilon_{cs,\infty}$ (‰)
Soletta superiore	29.05	900	0.70	-0.339	-0.250	0.11	-0.048	0.93	-0.295
Piedritti	29.05	900	0.70	-0.339	-0.250	0.11	-0.048	0.93	-0.295
Soletta inferiore	29.05	1000	0.70	-0.339	-0.250	0.10	-0.048	0.93	-0.298

Tabella 9: Valori medi a tempo infinito e a 180 giorni della deformazione per ritiro da essiccamento e ritiro autogeno

Trattandosi di un fenomeno lento si utilizza un modulo di elasticità pari a $1/3 E_c$.

Si fa l'ipotesi che la soletta superiore venga realizzata sei mesi dopo la soletta inferiore ($t=180$ giorni), in tal caso, il ritiro che la soletta inferiore deve ancora scontare dal momento della realizzazione della soletta superiore è pari a:

PROGETTAZIONE ATI:

$$\varepsilon_{cs,t=\infty-180,inf} = \varepsilon_{cs,t=\infty} - \varepsilon_{cs,t=180} = [-0.298] - [-0.250 \cdot 0.10 - 0.048 \cdot 0.93] = -0.228 \text{ ‰}$$

Il ritiro totale della soletta superiore è pari a:

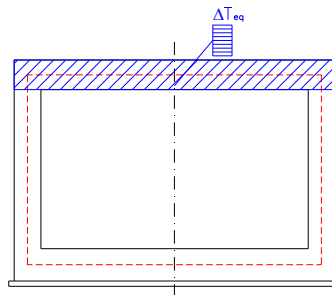
$$\varepsilon_{cs,t=\infty,sup} = -0.293 \text{ ‰}$$

Il ritiro differenziale vale pertanto:

$$\varepsilon_{cs,t=\infty,sup} - \varepsilon_{cs,t=\infty-180,inf} = -0.293 - [-0.228] = -0.065 \text{ ‰}$$

Tale deformazione viene applicata alla soletta superiore per tener conto del ritiro differenziale che si genera tra i due elementi gettati in tempi diversi. Il valore della variazione termica equivalente applicata all'elemento è pari a:

$$\Delta T_{eq} = \varepsilon / \alpha = (6.5 \cdot 10^{-5}) / (1 \cdot 10^{-5}) \cong 6.5^{\circ}\text{C}$$

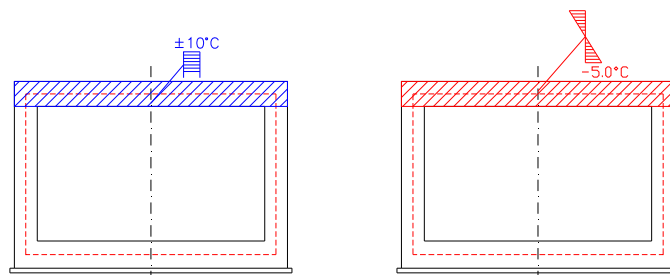


(condizione di carico "4" nel modello di calcolo)

9.2.2. VARIAZIONI TERMICHE (ε_3)

Si considerano i seguenti casi:

- variazione termica uniforme di $\pm 10^{\circ}\text{C}$ sulla soletta superiore
- gradiente termico tra l'intradosso e l'estradosso della soletta pari a 10° tra i suddetti estremi.



(condizione di carico "5" nel modello di calcolo).

9.3. AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO

PROGETTAZIONE ATI:

9.3.1. CARICHI MOBILI VERTICALI SULLA SOLETTA SUPERIORE

Ai fini della determinazione delle azioni variabili da traffico, l'opera in oggetto è considerata come un ponte stradale di **1° Categoria**. Il calcolo dello scatolare viene eseguito per una striscia trasversale di 1m. Si considera la striscia maggiormente sollecitata al disotto della prima colonna di carico di larghezza 3.00m. La colonna è larga 3.00 m ed i carichi da considerare valgono (già dinamizzati):

1) Distribuito: $q_{1k} = 9.00 \text{ kN/mq}$

2) Concentrati : $Q_{1k} = 300 \text{ kN}$, ovvero 150kN a impronta, per n° 4 posti alla distanza relativa di 1.20m (Tandem) x 2.00 m.

La ripartizione dei carichi si effettua considerando il carico isolato da 150 kN con impronta quadrata di lato 0.4 m.

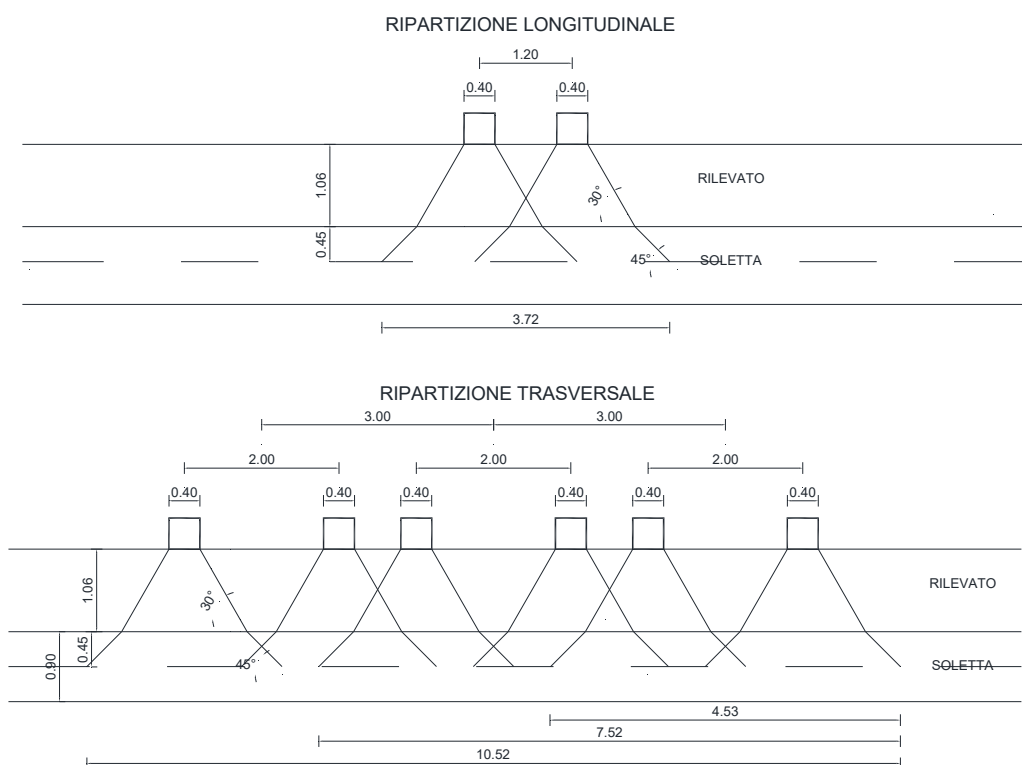


Figura 3: Schema di ripartizione dei carichi mobili

Il carico è schematizzato da due assi da 150 kN disposti ad interasse di 1.20m. per la determinazione delle lunghezze di diffusione a vantaggio di sicurezza è stato adottato lo spessore minimo di ricoprimento della struttura dello scatolare.

Si procede al calcolo dei carichi per metro lineare riferiti al baricentro della soletta per i diversi treni di carico. Si considera una larghezza di ripartizione trasversale massima pari alla larghezza della corsia di carico di 3.00 m pertanto:

$$q_{1k} = 600 / (L_L \cdot L_{T1})$$

$$q_{1k} = (600 + 400) / (L_L \cdot L_{T2})$$

PROGETTAZIONE ATI:

$$q_{1k} = (600+400+200)/(L_L \cdot L_{T3})$$

L_L	3.00 m	q_{2k}	9.00 kN/m ²
L_{T1}	4.53 m	q_{1k}	44.15 kN/m ²
L_{T2}	7.54 m	q_{1k}	44.20 kN/m ²
L_{T3}	10.54 m	q_{1k}	38.02 kN/m ²

Si applica il carico della condizione più sfavorevole pari a 44.20 kN/m² applicato su tutta la larghezza del sottovia.

9.3.2. SPINTA DEL SOVRACCARICO SUL RILEVATO

La spinta sul manufatto dovuto alla presenza del sovraccarico sul rilevato è definita applicando un carico pari a 20 kN/m alla quota della pavimentazione stradale.

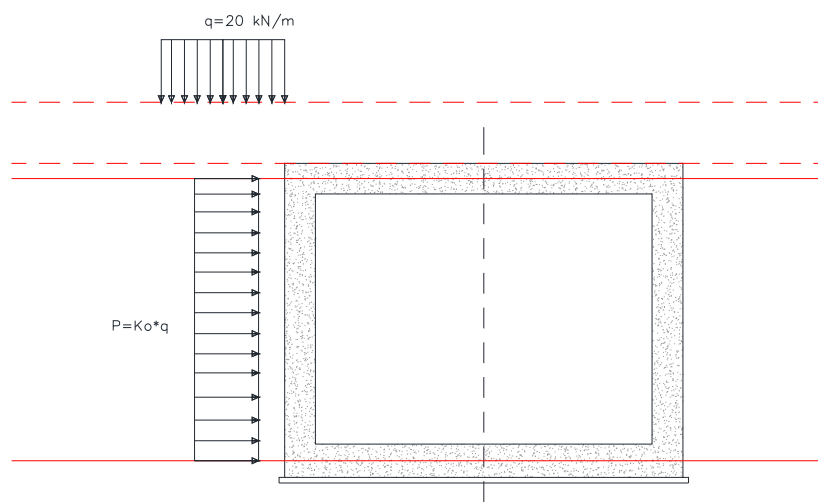


Figura 4: Spinta dovuta al sovraccarico sul rilevato

Si considera la spinta agente solo sulla parete sinistra:

$$q_s = 20.00 \text{ kN/m}$$

$$p_s (\text{STR}) = q_s K_0 = 9.12 \text{ kN/m}$$

$$p_s (\text{GEO}) = q_s K_0 = 10.22 \text{ kN/m}$$

condizioni di carico "11" e "12" nel modello di calcolo.

Si considera un altro caso di carico con 10kN/m di sovraccarico variabile sul rilevato.

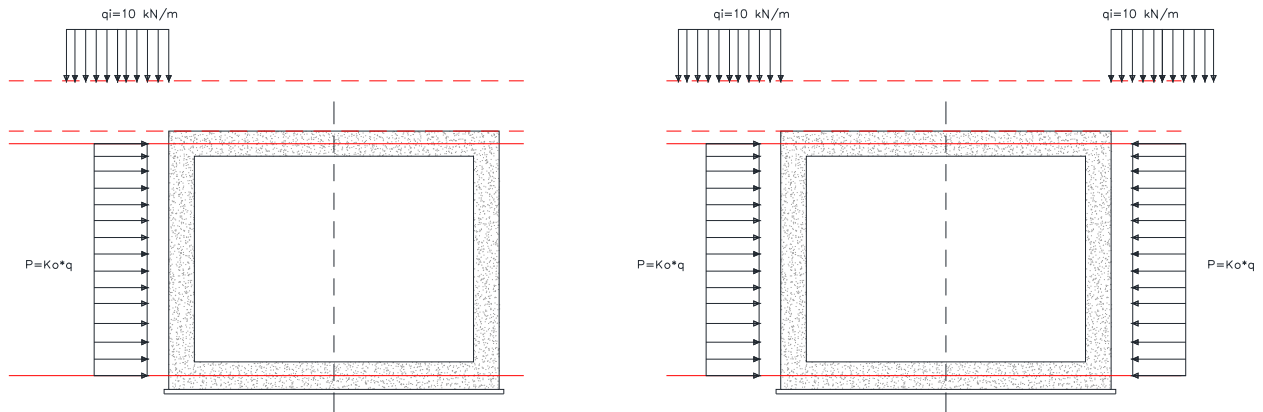


Figura 5: Secondo caso di Sovraccarico sul rilevato

La spinta del sovraccarico sul rilevato è definita in due condizioni di carico:

$$q_s = 10.00 \text{ kN/m}$$

$$p_{s1} (\text{str}) = q_s K_0 = 4.56 \text{ kN/m}$$

(condizione di carico "9" su entrambi i piedritti);

$$p_{s1} (\text{geo}) = q_s K_0 = 5.11 \text{ kN/m}$$

(condizione di carico "9.1" su entrambi i piedritti);

il carico agisce contemporaneamente ai carichi mobili sulla struttura ed è applicato in due condizioni separate su un solo lato dello scatolare (condizione di carico "11_STR" e "12_GEO" nel modello di calcolo adottando coefficienti pari a 0.5 nelle combinazioni di carico) e su entrambi i piedritti contemporaneamente (condizioni di carico "9_STR" e "9.1_GEO" nel modello di calcolo).

9.3.3. AZIONE LONGITUDINALE DI FRENAMENTO O DI ACCELERAZIONE

L'azione di frenamento o di accelerazione q_3 è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1 ed è uguale a:

$$q_3 = 0.6 \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0.10 \cdot q_{1k} \cdot w_l \cdot L = 0.6 \cdot (2 \cdot 300) + 0.10 \cdot 9 \cdot 3 \cdot 9.80 = 274.90 \text{ kN} (\leq 900 \text{ kN e } \geq 180)$$

essendo w_l la larghezza della corsia e L la lunghezza della zona caricata.

La forza applicata a livello della pavimentazione ed agente lungo l'asse della corsia è assunta uniformemente distribuita sulla lunghezza caricata e include gli effetti di interazione.

L'azione di cui sopra, viene distribuita sulla soletta superiore dello scatolare; il valore equivalente da applicare alla soletta, si ottiene distribuendo il valore del carico frenante, alla lunghezza della soletta e alla larghezza di diffusione del carico, con la seguente relazione:

$$q_{3,\text{dis}} = (274.90 / 9.80) = 28.05 \text{ kN/m}^2$$

9.3.4. AZIONE CENTRIFUGA

In relazione alla tipologia ed alla geometria dell'opera in oggetto non è prevista alcuna azione centrifuga essendo che il manufatto è posto in tratta rettilinea.

9.4. AZIONE SISMICA

Secondo quanto riportato al §6.3, il sostanziale mantenimento in campo elastico della struttura nelle verifiche allo SLU, consente di ritenere soddisfatte anche le verifiche nei confronti dello SLD; vengono pertanto prese in conto le sole azioni per lo SLU ovvero per lo SLV.

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico (NTC § 7.11.6) di Wood data la configurazione dell'opera (scatolare interrato).

In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Nelle verifiche allo Stato Limite Ultimo, nel caso in esame lo SLV, i valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot a_{max} / g = 1.0 \cdot 0.266 \cdot g = 0.309 g$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = \pm 0.155 g$$

dove:

$a_{max} = 0.309 g$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito (vedi § 6.3)

$g = 9.81 m/s^2$ accelerazione di gravità;

$\beta_m = 1.0$ coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito funzione del tipo di sottosuolo, assunto pari ad 1 in quanto la struttura non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno;

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti, di cui la componente verticale è considerata agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

La risultante delle forze inerziali orizzontali indotte dal sisma viene valutata con la seguente espressione:

$$F_h = P \cdot k_h$$

$$F_v = P \cdot k_v$$

L'incremento dinamico di spinta del terreno, considerando lo scatolare come una struttura rigida completamente vincolata (NT par. 7.11.6.2.1 e EC8-5 par.7.3.2.1) in modo tale che non può svilupparsi nel terreno uno stato di spinta attiva, è calcolato mediante la seguente relazione:

$$\Delta P_d = k_h \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.309 \cdot 20 \cdot 9.11 = 56.30 \text{ kN/ml allo SLV}$$

Essendo " ΔP_d " la risultante globale, ed il diagramma di spinta di tipo rettangolare, è immediato ricavare la quota parte della spinta che agisce sul piedritto dello scatolare. Il punto di applicazione della spinta che interessa lo scatolare è posto $h_{scat}/2$, con " h_{tot} " altezza dal piano di progetto alla fondazione dello scatolare e h_{scat} l'altezza dello scatolare.

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 1 e 3, la parte di sovraspinta esercitata su 1/2 spessore della soletta sup. e su 1/2 spessore della soletta inferiore.

Spinta semispessore sol. sup. allo SLV:

PROGETTAZIONE ATI:

$$F_1 = 9.94 \text{ kN}$$

Spinta semispessore sol. inf.

$$F_3 = 3.09 \text{ kN}$$

9.4.1. FORZE SISMICHE ORIZZONTALI

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti ed applicate nei rispettivi baricentri.

Forze d'inerzia orizzontali sullo scatolare SLV.

$$F_{o, \text{rilevato} + \text{pavimentazione}} = \pm 9.51 \text{ kN/m}^2;$$

$$F_{o, \text{soletta}} = \pm 6.94 \text{ kN/m}^2;$$

$$F_{o, \text{piedritto}} = \pm 6.94 \text{ kN/m}^2;$$

9.4.2. FORZE SISMICHE VERTICALI

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti, di cui la componente verticale è considerata agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

Forze d'inerzia verticali sullo scatolare SLV

$$F_{v, \text{rilevato} + \text{pavimentazione}} = \pm 4.77 \text{ kN/m}^2;$$

$$F_{v, \text{soletta sup}} = \pm 3.48 \text{ kN/m}^2;$$

$$F_{v, \text{soletta inf}} = \pm 3.86 \text{ kN/m}^2;$$

$$F_{v, \text{soletta sup tot}} = \pm 8.26 \text{ kN/m}^2;$$

$$F_{v, \text{piedritto}} = \pm 3.48 \text{ kN/m}^2;$$

9.5. CARICHI ELEMENTARI E LORO COMBINAZIONI

9.5.1. CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

Le condizioni di carico elementari sono le seguenti:

1.	PP	PESO PROPRIO
2.	PERM	CARICHI PERMANENTI PORTATI
3.	STSX	SPINTA DELLE TERRE CALCOLATA CON COEFFICIENTI A1+M1 (STR)
4.	RITIRO	RITIRO E VISCOSITA'

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

5.	TF-TU	VARIAZIONI TERMICHE (ΔT_u , ΔT_f)
6.	TANDEM-Mmax	GRUPPO DI CARICO CON VALORE CARATTERISTICO DEL CARICO TANDEM PER Mmax
7.	GR-U	GRUPPO DI CARICO CON VALORE CARATTERISTICO DEL CARICO UNIFORME
8.	TANDEM-Tmax	GRUPPO DI CARICO CON VALORE CARATTERISTICO DEL CARICO TANDEM PER Tmax
9.	SP-10	SPINTA DOVUTA AL SOVRACCARICO ACCIDENTALE 10KN/M AMBO LATI CALCOLATO CON I COEFFICIENTI A1+M1 (Q9STR10)
10.	F-AVV	FRENATURA - AVVIAMENTO
11.	ACC 1	SPINTA SU PARETE SX CALCOLATO CON COEFF A1+M1 (STR)
12.	ACC 2	SPINTA SU PARETE SX CALCOLATO CON COEFF A2+M2 (GEO)
13.	STXS_GEO	SPINTA DELLE TERRE CALCOLATA CON COEFFICIENTI A2+M2 (GEO)
14.	SISMA - H	SISMA ORIZZONTALE
15.	SISMA - V	SISMA VERTICALE

9.5.2. COMBINAZIONI DI CARICO

L'opera è stata dimensionata con le combinazioni tipiche dei ponti ai sensi del DM 17/01/2018 e s.m.i.

Tab. 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

Gruppo di azioni	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura	Forza centrifuga	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5KN/m ²
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m ²
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m ²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m ²
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti pedonali
 (**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
 (***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Tabella 10: Combinazioni di carico dovute al traffico

La Tab. 5.1.V, con riferimento al § 2.6.1 delle NTC, fornisce i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

limite ultimi. I valori dei coefficienti di combinazione Ψ_{0j} , Ψ_{1j} e Ψ_{2j} per le diverse categorie di azioni sono riportati nella Tab. 5.1.VI.

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ^(a)	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}$, $\gamma_{\epsilon 3}$, $\gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

Tab. 5.1.VI – Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente Ψ_0 di combinazione	Coefficiente Ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente Ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

		COMBINAZIONI SLU (FONDAMENTALE)															
		SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16
CONDIZIONI DI CARICO	G1	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
	G2	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
	G3(STR)	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1
	eps 2	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0
	eps 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72
	GR-T Mmax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GR-U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GR-T Tmax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Q9 (STR10)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GR-FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Q9 (STR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Q9 (GEO)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G3 (GEO)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SIS - X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SIS - V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI SLU (FONDAMENTALE)																		
SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35
1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1
1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1
1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35
1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0
0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0	0	0	0	0	0	0	0	0,72	0,72	0,72
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI SLU (FONDAMENTALE)																		
SLU36	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLU41	SLU42	SLU43	SLU44	SLU45	SLU46	SLU47	SLU48	SLU49	SLU50	SLU51	SLU52	SLU53	SLU54
1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35
0	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	1,2	1,2
0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

COMBINAZIONI SLU (FONDAMENTALE)																			
SLU55	SLU56	SLU57	SLU58	SLU59	SLU60	SLU61	SLU62	SLU63	SLU64	SLU65	SLU66	SLU67	SLU68	SLU69	SLU70	SLU71	SLU72	SLU73	
1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1
1,2	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0
0	0	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,675
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI SLU (FONDAMENTALE)																			
SLU74	SLU75	SLU76	SLU77	SLU78	SLU79	SLU80	SLU81	SLU82	SLU83	SLU84	SLU85	SLU86	SLU87	SLU88	SLU89	SLU90	SLU91	SLU92	
1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1,35
1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1,35
1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1
0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2
0	0	0	0	0	0	0	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI SLU (FONDAMENTALE)																			
SLU93	SLU94	SLU95	SLU96	SLU97	SLU98	SLU99	SLU100	SLU101	SLU102	SLU103	SLU104	SLU105	SLU106	SLU107	SLU108	SLU109	SLU110	SLU111	
1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1,35	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1,35
1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0	0	0	0	0	0	0	0	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72
1,35	1,35	1,35	1,35	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013
1,35	1,35	1,35	1,35	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0,675	0,675	0,675	0,675	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

COMBINAZIONI SLU (FONDAMENTALE)																			
SLU112	SLU113	SLU114	SLU115	SLU116	SLU117	SLU118	SLU119	SLU120	SLU121	SLU122	SLU123	SLU124	SLU125	SLU126	SLU127	SLU128	SLU129	SLU130	
1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1
1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1
1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1
0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0
-0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,72	0,72
1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013
0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI SLU (FONDAMENTALE)																			
SLU131	SLU132	SLU133	SLU134	SLU135	SLU136	SLU137	SLU138	SLU139	SLU140	SLU141	SLU142	SLU143	SLU144	SLU145	SLU146	SLU147	SLU148	SLU149	
1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1
1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1
1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1
0	0	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	1,2	1,2
0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0	0	0	0	0	0
1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	0	0	0	0	0	0
0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	0	0	0	0	0	0
0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI SLU (FONDAMENTALE)																			
SLU150	SLU151	SLU152	SLU153	SLU154	SLU155	SLU156	SLU157	SLU158	SLU159	SLU160	SLU161	SLU162	SLU163	SLU164	SLU165	SLU166	SLU167	SLU168	
1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1
1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1
1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1
1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
0	0	0	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

COMBINAZIONI SLU (FONDAMENTALE)																			
SLU169	SLU170	SLU171	SLU172	SLU173	SLU174	SLU175	SLU176	SLU177	SLU178	SLU179	SLU180	SLU181	SLU182	SLU183	SLU184	SLU185	SLU186	SLU187	
1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1
0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2
0	0	0	0	0	0	0	0	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI SLU (FONDAMENTALE)																			
SLU188	SLU189	SLU190	SLU191	SLU192	SLU193	SLU194	SLU195	SLU196	SLU197	SLU198	SLU199	SLU200	SLU201	SLU202	SLU203	SLU204	SLU205	SLU206	
1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1,35
1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1,35
1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1
1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	0	0	0
0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0	0	0	0	0	0	0	0	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI SLU (FONDAMENTALE)																			
SLU207	SLU208	SLU209	SLU210	SLU211	SLU212	SLU213	SLU214	SLU215	SLU216	SLU217	SLU218	SLU219	SLU220	SLU221	SLU222	SLU223	SLU224	SLU225	
1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1
0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0,72
-0,72	-0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

COMBINAZIONI SLU (FONDAMENTALE)																			
SLU226	SLU227	SLU228	SLU229	SLU230	SLU231	SLU232	SLU233	SLU234	SLU235	SLU236	SLU237	SLU238	SLU239	SLU240	SLU241	SLU242	SLU243	SLU244	
1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1,35
1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1,35
1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1
0	0	0	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	0
0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	0	0	0	0	0
0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI SLU (FONDAMENTALE)																			
SLU245	SLU246	SLU247	SLU248	SLU249	SLU250	SLU251	SLU252	SLU253	SLU254	SLU255	SLU256	SLU257	SLU258	SLU259	SLU260	SLU261	SLU262	SLU263	
1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1,35
1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
0	0	0	0	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI SLU (FONDAMENTALE)																			
SLU264	SLU265	SLU266	SLU267	SLU268	SLU269	SLU270	SLU271	SLU272	SLU273	SLU274	SLU275	SLU276	SLU277	SLU278	SLU279	SLU280	SLU281	SLU282	
1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1,35
1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1,35
1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35
1,2	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2
-0,72	0	0	0	0	0	0	0	0	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0,72	0,72	0,72
1,35	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013
1,35	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

COMBINAZIONI SLU (FONDAMENTALE)																			
SLU283	SLU284	SLU285	SLU286	SLU287	SLU288	SLU289	SLU290	SLU291	SLU292	SLU293	SLU294	SLU295	SLU296	SLU297	SLU298	SLU299	SLU300	SLU301	
1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35
1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1
1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	0	0
0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0	0	0	0	0	0	0	0	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72
1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	0	0	0	0	0	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI SLU (FONDAMENTALE)																			
SLU302	SLU303	SLU304	SLU305	SLU306	SLU307	SLU308	SLU309	SLU310	SLU311	SLU312	SLU313	SLU314	SLU315	SLU316	SLU317	SLU318	SLU319	SLU320	
1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1,35
1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1,35
1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1
0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
-0,72	-0,72	-0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI SLU (FONDAMENTALE)																
SLU321	SLU322	SLU323	SLU324	SLU325	SLU326	SLU327	SLU328	SLU329	SLU330	SLU331	SLU332	SLU333	SLU334	SLU335	SLU336	
1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1,35
1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1	1,35	1,35
1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1	1,35	1,35	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72	-0,72
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

		COMBINAZIONI FONDAMENTALE (SISMA)															
		SLU S1	SLU S2	SLU S3	SLU S4	SLU S5	SLU S6	SLU S7	SLU S8	SLU S9	SLU S10	SLU S11	SLU S12	SLU S13	SLU S14	SLU S15	SLU S16
CONDIZIONI DI CARICO	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	G3(STR)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	eps 2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	eps 3	0	0	0	0	0,5	0,5	-0,5	-0,5	0	0	0	0	0,5	0,5	-0,5	-0,5
	GR-T Mmax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GR-U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GR-T Tmax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Q9 (STR10)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GR-FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Q9 (STR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	Q9 (GEO)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G3 (GEO)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SIS - X	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3
	SIS - V	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1

COMBINAZIONI FONDAMENTALE (SISMA)																	
SLU S17	SLU S18	SLU S19	SLU S20	SLU S21	SLU S22	SLU S23	SLU S24	SLU S25	SLU S26	SLU S27	SLU S28	SLU S29	SLU S30	SLU S31	SLU S32	SLU S33	SLU S34
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0,5	0,5	-0,5	-0,5	0	0	0	0	0,5	0,5	-0,5	-0,5	0	0
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3
0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1

COMBINAZIONI FONDAMENTALE (SISMA)																	
SLU S36	SLU S37	SLU S38	SLU S39	SLU S40	SLU S41	SLU S42	SLU S43	SLU S44	SLU S45	SLU S46	SLU S47	SLU S48	SLU S49	SLU S50	SLU S51	SLU S52	SLU S53
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
0	0,5	0,5	-0,5	-0,5	0	0	0	0	0,5	0,5	-0,5	-0,5	0	0	0	0	0,5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	0,3	1	0,3	1	0,3
1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	1	0,3	1	0,3	1

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

COMBINAZIONI FONDAMENTALE (SISMA)									
SLU S55	SLU S56	SLU S57	SLU S58	SLU S59	SLU S60	SLU S61	SLU S62	SLU S63	SLU S64
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
-0,5	-0,5	0	0	0	0	0,5	0,5	-0,5	-0,5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,3	1	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3
1	0,3	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1

		COMBINAZIONI SLE (RARA)															
		SLE r1	SLE r2	SLE r3	SLE r4	SLE r5	SLE r6	SLE r7	SLE r8	SLE r9	SLE r10	SLE r11	SLE r12	SLE r13	SLE r14	SLE r15	SLE r16
CONDIZIONI DI CARICO	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	G3(STR)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	eps 2	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0,6	0,6	0,6
	eps 3	0	0,6	-0,6	1	-1	0	0,6	-0,6	1	-1	0	0,6	-0,6	0	0,6	-0,6
	GR-T Mmax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GR-U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GR-T Tmax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Q9 (STR10)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GR-FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Q9 (STR)	0	0	0	0	0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1	1	1	1	1	0
	Q9 (GEO)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G3 (GEO)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SIS - X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SIS - V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI SLE (RARA)																		
SLE r17	SLE r18	SLE r19	SLE r20	SLE r21	SLE r22	SLE r23	SLE r24	SLE r25	SLE r26	SLE r27	SLE r28	SLE r29	SLE r30	SLE r31	SLE r32	SLE r33	SLE r34	SLE r35
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0,6	0,6	0,6	0	0	0
0	0,6	-0,6	1	-1	0	0,6	-0,6	1	-1	0	0,6	-0,6	0	0,6	-0,6	0	0,6	-0,6
0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

COMBINAZIONI SLE (RARA)																			
SLE r36	SLE r37	SLE r38	SLE r39	SLE r40	SLE r41	SLE r42	SLE r43	SLE r44	SLE r45	SLE r46	SLE r47	SLE r48	SLE r49	SLE r50	SLE r51	SLE r52	SLE r53	SLE r54	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,6	0,6	0,6	0	0	0	0,6	0,6	0,6	0	0	0	0,6	0,6	0,6	0	0	0	0	0,6
0	0,6	-0,6	0	0,6	-0,6	0	0,6	-0,6	0	0,6	-0,6	0	0,6	-0,6	0	0,6	-0,6	0	0
0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3	0,3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI SLE (RARA)																			
SLE r55	SLE r56	SLE r57	SLE r58	SLE r59	SLE r60	SLE r61	SLE r62	SLE r63	SLE r64	SLE r65	SLE r66	SLE r67	SLE r68	SLE r69	SLE r70	SLE r71	SLE r72	SLE r73	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,6	0,6	1	1	1	0	0	0	0	0	0,6	0,6	0,6	0	0	0	0,6	0,6	0,6	0,6
0,6	-0,6	0	0,6	-0,6	1	-1	0	0,6	-0,6	0	0,6	-0,6	0	0,6	-0,6	0	0,6	-0,6	-0,6
1	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
1	1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI SLE (RARA)					
SLE r74	SLE r75	SLE r76	SLE r77	SLE r78	SLE r79
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0,6	0,6	0,6
0	0,6	-0,6	0	0,6	-0,6
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

		COMBINAZIONI SLE (FREQUENTE)															
		SLE f1	SLE f2	SLE f3	SLE f4	SLE f5	SLE f6	SLE f7	SLE f8	SLE f9	SLE f10	SLE f11	SLE f12	SLE f13	SLE f14	SLE f15	SLE f16
CONDIZIONI DI CARICO	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	G3(STR)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	eps 2	0	0	0	0,6	0,6	0,6	0	0	0	0,6	0,6	0,6	0	0	0	0
	eps 3	0	0,6	-0,6	0	0,6	-0,6	0	0,6	-0,6	0	0,6	0,6	0	0,6	-0,6	0
	GR-T Mmax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,75	0,75	0,75
	GR-U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,4	0,4	0,4
	GR-T Tmax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Q9 (STR10)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GR-FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Q9 (STR)	0	0	0	0	0	0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0	0	0	0
	Q9 (GEO)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G3 (GEO)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SIS - X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SIS - V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI SLE (FREQUENTE)													
SLE f17	SLE f18	SLE f19	SLE f20	SLE f21	SLE f22	SLE f23	SLE f24	SLE f25	SLE f26	SLE f27	SLE f28	SLE f29	SLE f30
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,6	-0,6	0	0	0	0,6	0,6	0,6	0	0	0	0,6	0,6	0,6
0,6	-0,6	0	0,6	-0,6	0	0,6	-0,6	0	0,6	-0,6	0	0,6	-0,6
0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		COMBINAZIONI SLE (QP)					
		SLE qp1	SLE qp2	SLE qp3	SLE qp4	SLE qp5	SLE qp6
CONDIZIONI DI CARICO	G1	1	1	1	1	1	1
	G2	1	1	1	1	1	1
	G3(STR)	1	1	1	1	1	1
	eps 2	0	0	0	0,5	0,5	0,5
	eps 3	0	0,5	-0,5	0	0,5	-0,5
	GR-T Mmax	0	0	0	0	0	0
	GR-U	0	0	0	0	0	0
	GR-T Tmax	0	0	0	0	0	0
	Q9 (STR10)	0	0	0	0	0	0
	GR-FR	0	0	0	0	0	0
	Q9 (STR)	0	0	0	0	0	0
	Q9 (GEO)	0	0	0	0	0	0
	G3 (GEO)	0	0	0	0	0	0
	SIS - X	0	0	0	0	0	0
	SIS - V	0	0	0	0	0	0

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

		COMBINAZIONI FONDAMENTALE (GEO-SISMA)															
		SLU S1	SLU S2	SLU S3	SLU S4	SLU S5	SLU S6	SLU S7	SLU S8	SLU S9	SLU S10	SLU S11	SLU S12	SLU S13	SLU S14	SLU S15	SLU S16
CONDIZIONI DI CARICO	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	G3(STR)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	eps 2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	eps 3	0	0	0	0	0,5	0,5	-0,5	-0,5	0	0	0	0	0,5	0,5	-0,5	-0,5
	GR-T Mmax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GR-U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GR-T Tmax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Q9 (STR10)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GR-FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Q9 (STR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	Q9 (GEO)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G3 (GEO)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SIS - X	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3
	SIS - V	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1

COMBINAZIONI FONDAMENTALE (GEO-SISMA)																		
SLU S17	SLU S18	SLU S19	SLU S20	SLU S21	SLU S22	SLU S23	SLU S24	SLU S25	SLU S26	SLU S27	SLU S28	SLU S29	SLU S30	SLU S31	SLU S32	SLU S33	SLU S34	SLU S35
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0,5	0,5	-0,5	-0,5	0	0	0	0	0,5	0,5	-0,5	-0,5	0	0	0
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1
0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3

COMBINAZIONI FONDAMENTALE (GEO-SISMA)																		
SLU S36	SLU S37	SLU S38	SLU S39	SLU S40	SLU S41	SLU S42	SLU S43	SLU S44	SLU S45	SLU S46	SLU S47	SLU S48	SLU S49	SLU S50	SLU S51	SLU S52	SLU S53	SLU S54
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0,5	0,5	-0,5	-0,5	0	0	0	0	0,5	0,5	-0,5	-0,5	0	0	0	0	0,5	0,5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	0,3	1	0,3	1	0,3	1
1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	1	0,3	1	0,3	1	0,3

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

COMBINAZIONI FONDAMENTALE (GEO-SISMA)									
SLU S55	SLU S56	SLU S57	SLU S58	SLU S59	SLU S60	SLU S61	SLU S62	SLU S63	SLU S64
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
-0,5	-0,5	0	0	0	0	0,5	0,5	-0,5	-0,5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,3	1	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3
1	0,3	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1

		COMBINAZIONI (GEO)															
		SLE r1	SLE r2	SLE r3	SLE r4	SLE r5	SLE r6	SLE r7	SLE r8	SLE r9	SLE r10	SLE r11	SLE r12	SLE r13	SLE r14	SLE r15	SLE r16
CONDIZIONI DI CARICO	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	G3(STR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	eps 2	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
	eps 3	0	0	0,6	-0,6	0,6	-0,6	0	0	0,6	-0,6	0,6	-0,6	0	0	0,6	-0,6
	GR-T Mmax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,15	1,15	1,15	1,15
	GR-U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,15	1,15	1,15	1,15
	GR-T Tmax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Q9 (STR10)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GR-FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Q9 (STR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Q9 (GEO)	0	0	0	0	0	0	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	0	0	0	0
	G3 (GEO)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	SIS - X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SIS - V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI (GEO)																		
SLE r17	SLE r18	SLE r19	SLE r20	SLE r21	SLE r22	SLE r23	SLE r24	SLE r25	SLE r26	SLE r27	SLE r28	SLE r29	SLE r30	SLE r31	SLE r32	SLE r33	SLE r34	SLE r35
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1
0,6	-0,6	0	0	0,6	-0,6	0,6	-0,6	0	0	0,6	-0,6	0,6	-0,6	0	0	0,6	-0,6	0,6
1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863
1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0,575	0,575	0,575	0,575	0,575	0,575	0	0	0	0	0	0	0,575	0,575	0,575	0,575	0,575
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

COMBINAZIONI (GEO)																			
SLE r36	SLE r37	SLE r38	SLE r39	SLE r40	SLE r41	SLE r42	SLE r43	SLE r44	SLE r45	SLE r46	SLE r47	SLE r48	SLE r49	SLE r50	SLE r51	SLE r52	SLE r53	SLE r54	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1
-0,6	0	0	0,6	-0,6	0,6	-0,6	0	0	0,6	-0,6	0,6	-0,6	0	0	0,6	-0,6	0,6	-0,6	-0,6
0,863	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,46	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
0	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,575	0	0	0	0	0	0	0,575	0,575	0,575	0,575	0,575	0,575	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI (GEO)																			
SLE r55	SLE r56	SLE r57	SLE r58	SLE r59	SLE r60	SLE r61	SLE r62	SLE r63	SLE r64	SLE r65	SLE r66	SLE r67	SLE r68	SLE r69	SLE r70	SLE r71	SLE r72	SLE r73	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0
0	0	0,6	-0,6	0,6	-0,6	0	0	0,6	-0,6	0,6	-0,6	0	0	0,6	-0,6	0,6	-0,6	0	0
0	0	0	0	0	0	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863	0	0
0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	1,15	1,15
0,863	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,15	1,15
0	0	0	0	0	0	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	0	0	0	0	0	0	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,575	0,575	0,575	0,575	0,575	0,575	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COMBINAZIONI (GEO)										
SLE r74	SLE r75	SLE r76	SLE r77	SLE r78	SLE r79	SLE r80	SLE r81	SLE r82	SLE r83	SLE r84
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1
0	0,6	-0,6	0,6	-0,6	0	0	0,6	-0,6	0,6	-0,6
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863
1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
0	0	0	0	0	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PROGETTAZIONE ATI:

10. VERIFICHE STRUTTURALI

10.1. VERIFICHE DELLE SEZIONI

Si riportano di seguito le verifiche nelle condizioni di SLE ed SLU eseguite con il software GeoStru RC-SEC v.20.8.1001.

Si riportano in forma grafica le caratteristiche delle sollecitazioni per singola condizione di carico:

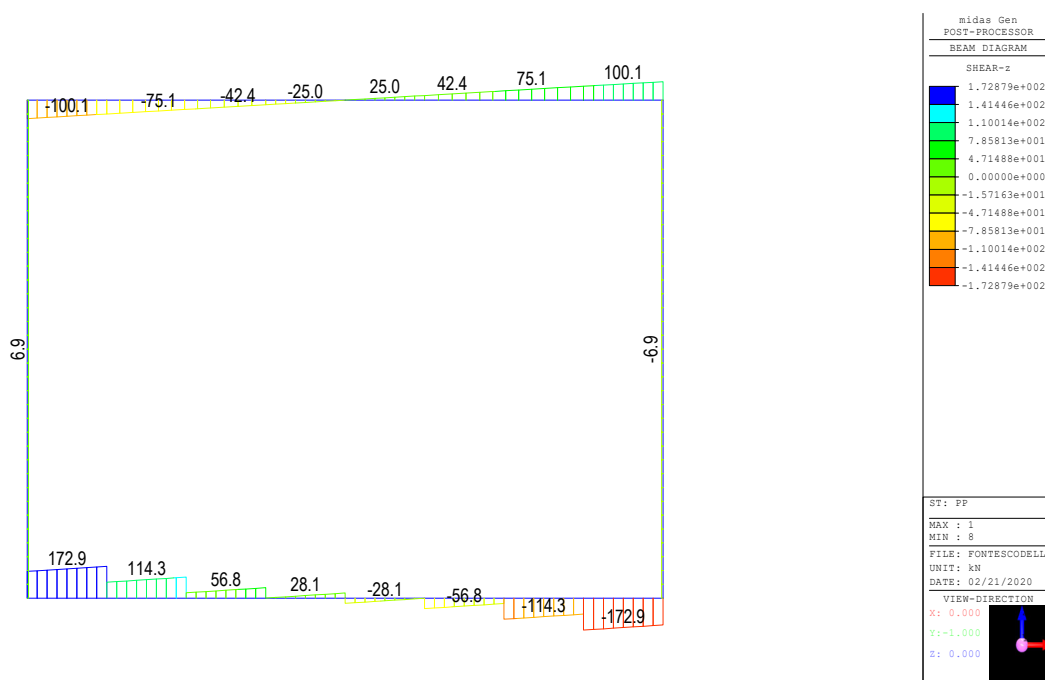


Figura 6: taglio dir. z per peso proprio

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

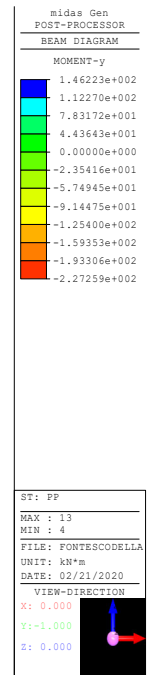
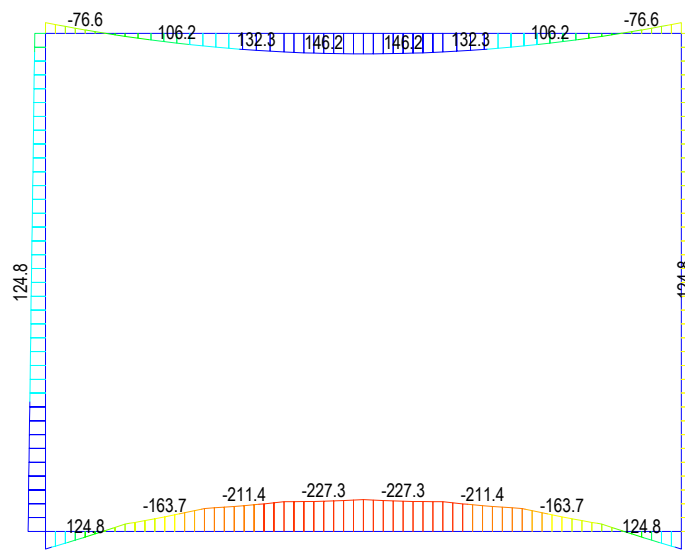


Figura 7: sollecitazione di flessione per peso proprio

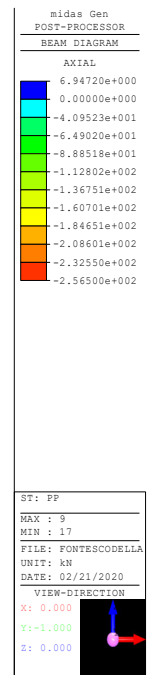
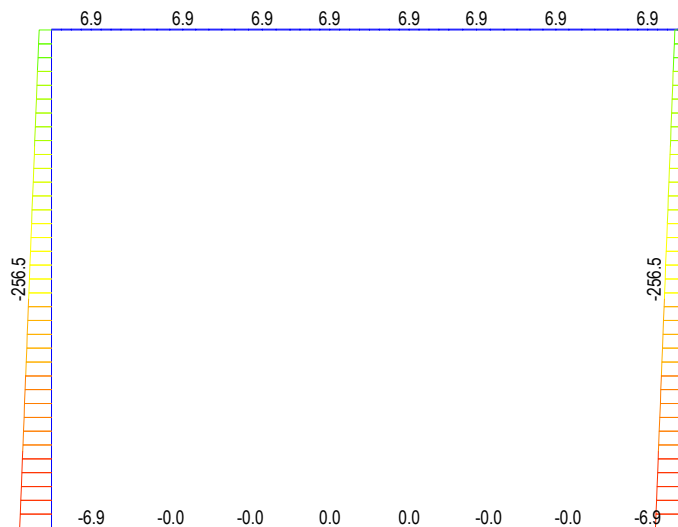


Figura 8: sollecitazione di S.N. per peso proprio

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

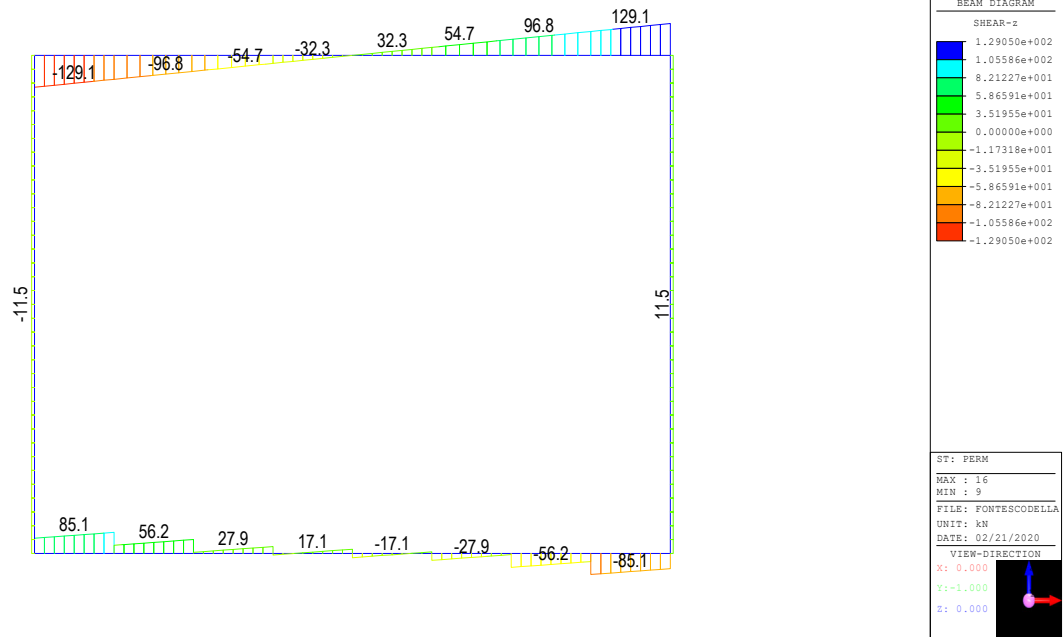


Figura 9: sollecitazione di taglio per permanenti portati

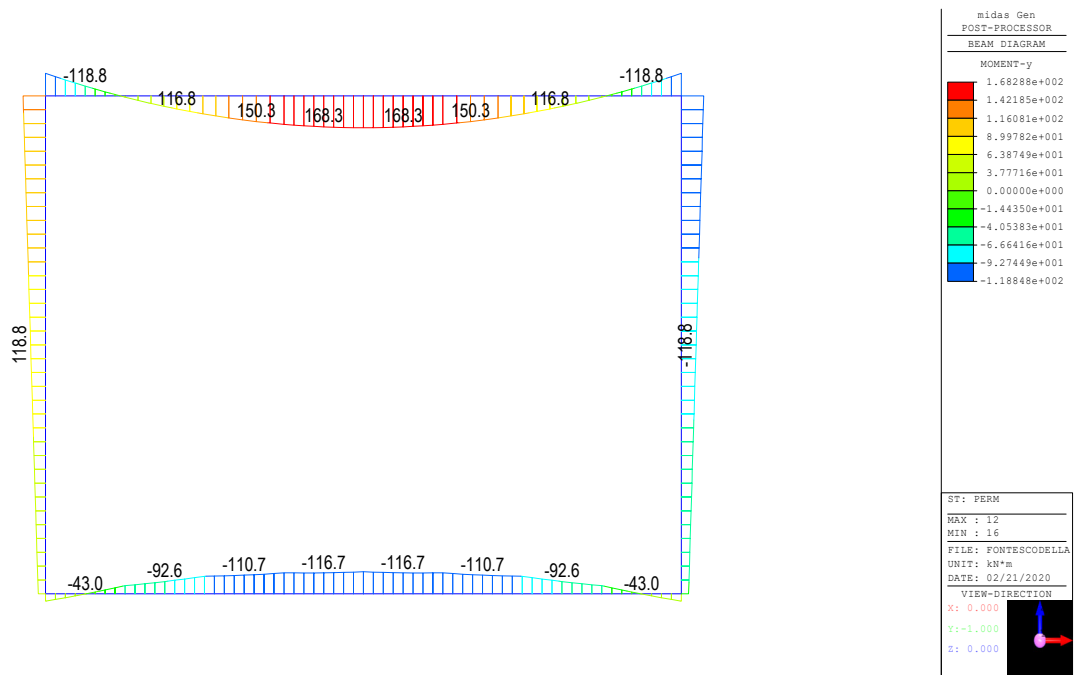


Figura 10: sollecitazione flessionale per permanenti portati

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

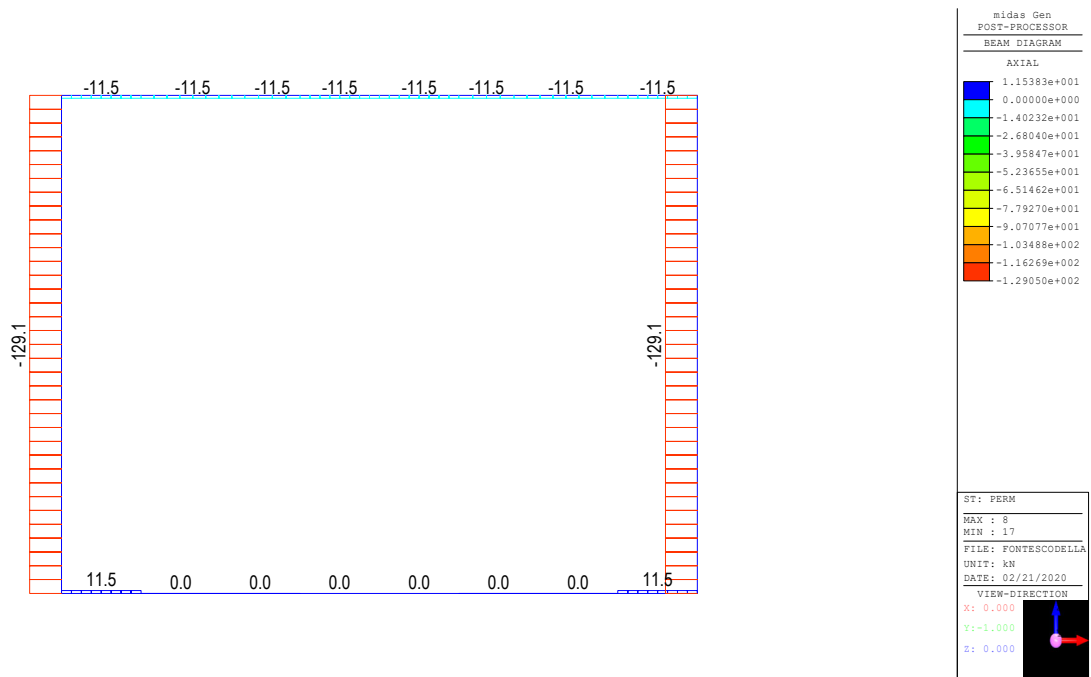


Figura 11: sollecitazione di sforzo normale per permanenti portati

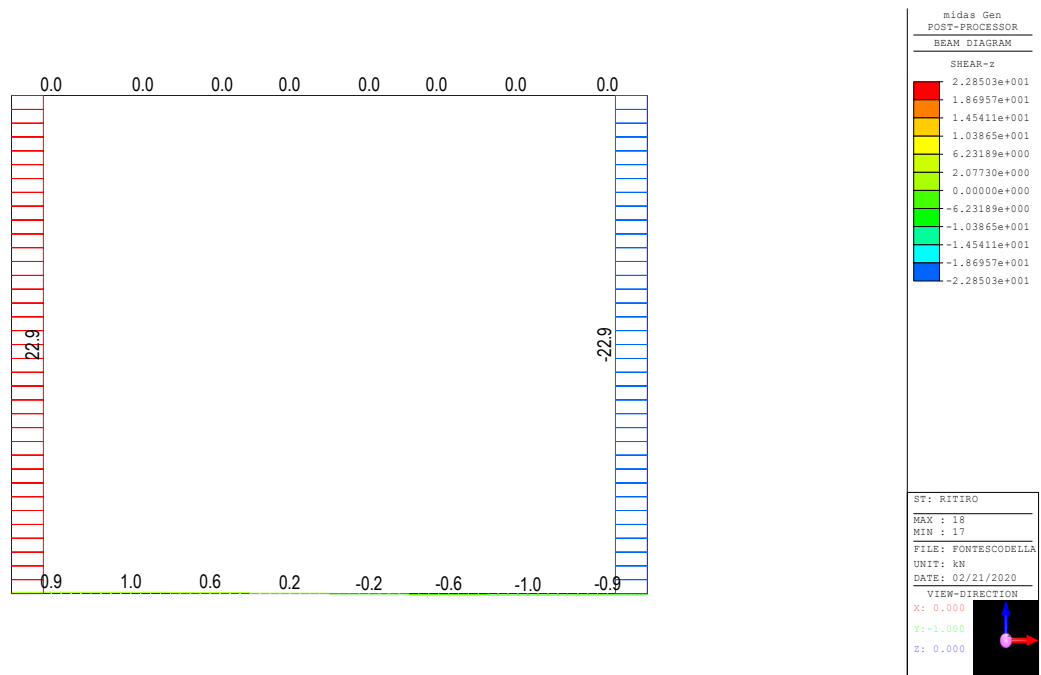


Figura 12: sollecitazione di taglio per ritiro

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

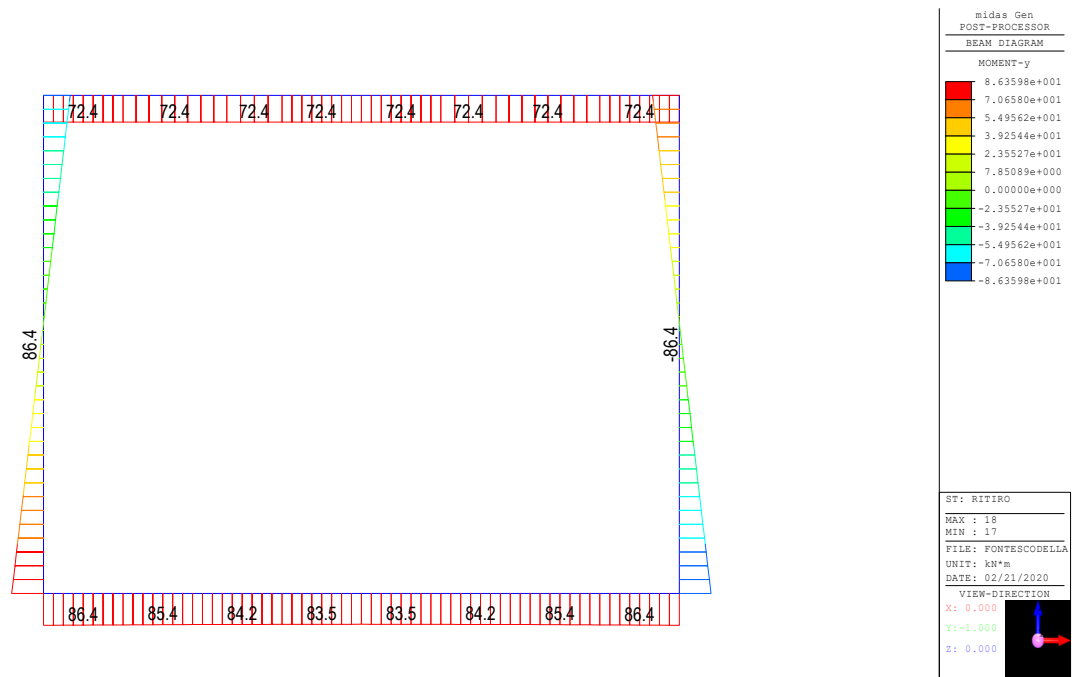


Figura 13: sollecitazione di flessione per ritiro

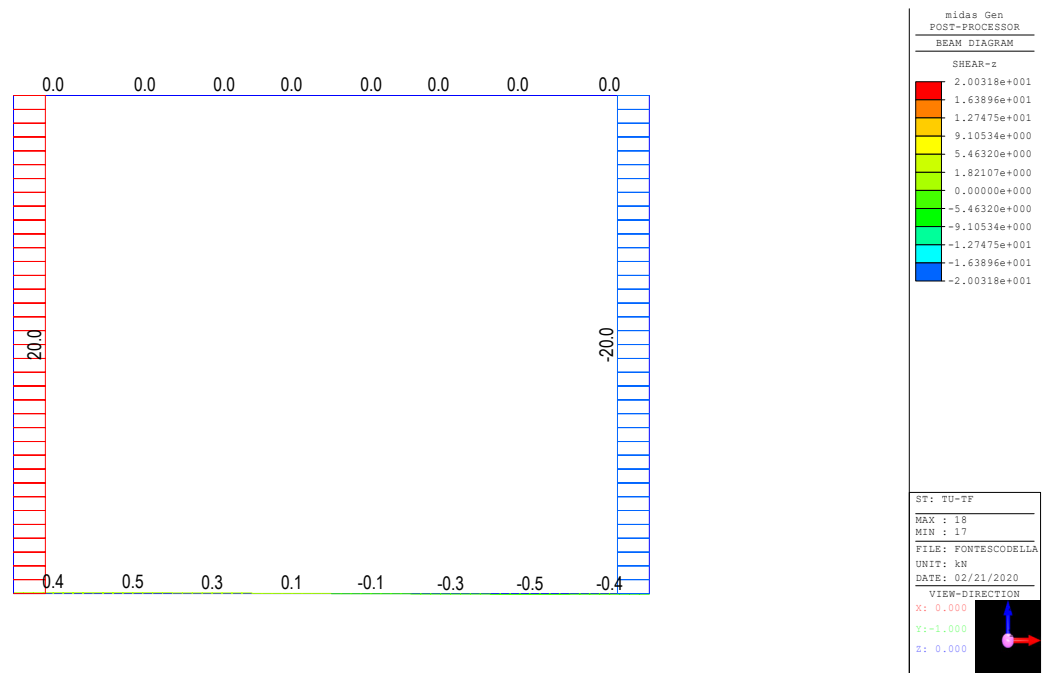


Figura 14: Sollecitazione di taglio per variazioni termiche

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

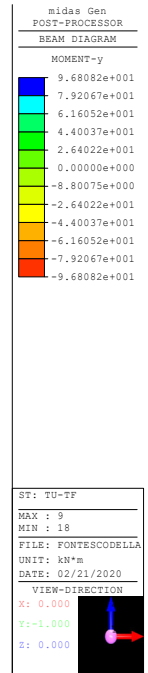
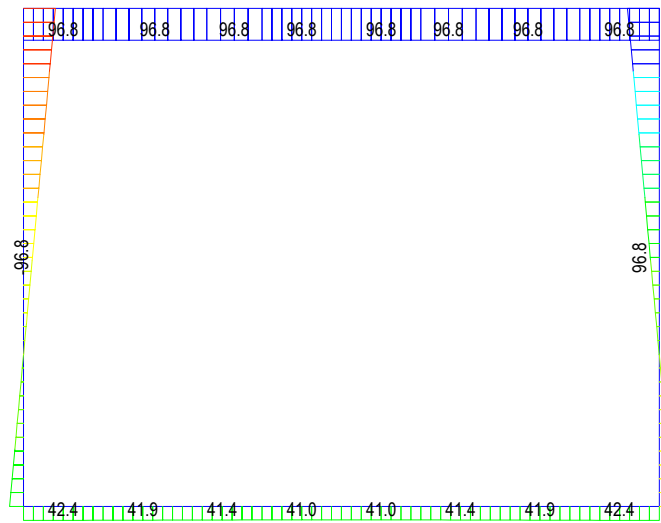


Figura 15: sollecitazione di flessione per variazione termiche

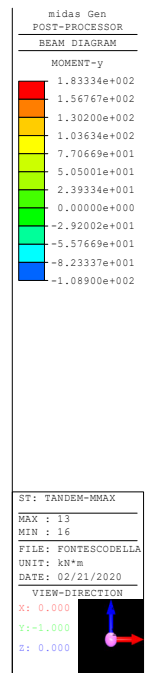
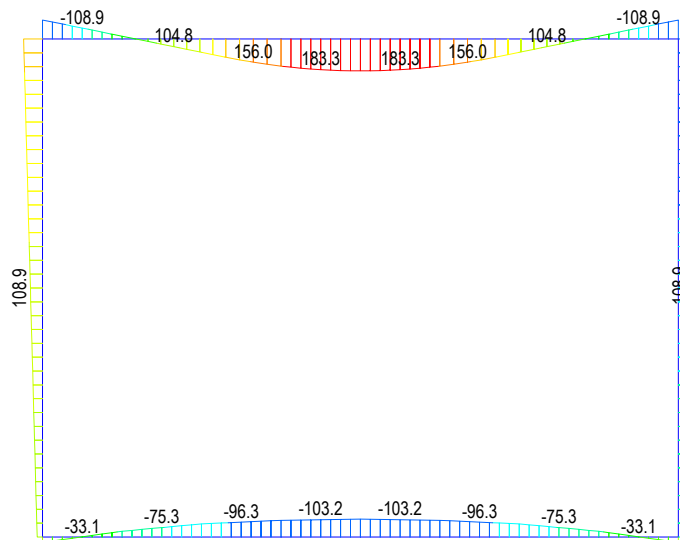


Figura 16: Sollecitazione flessionale carichi Tandem

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

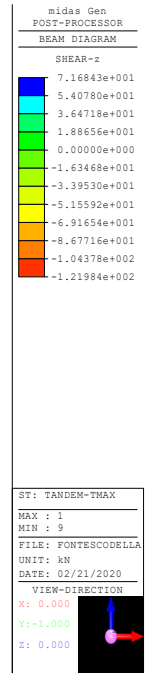
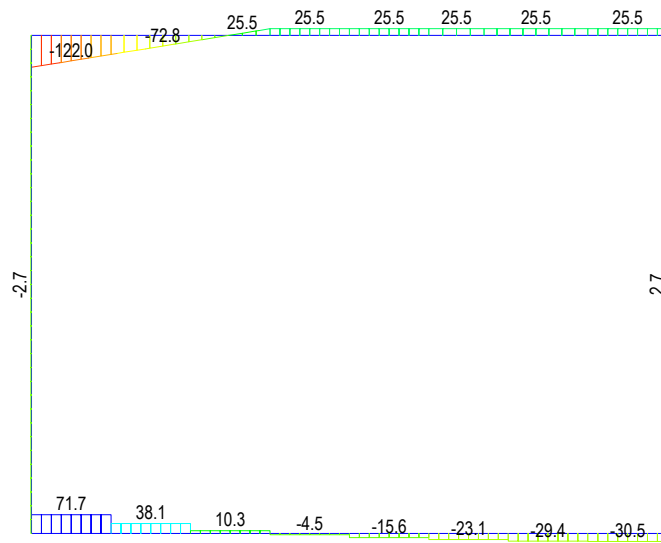


Figura 17: sollecitazione di taglio per Tandem

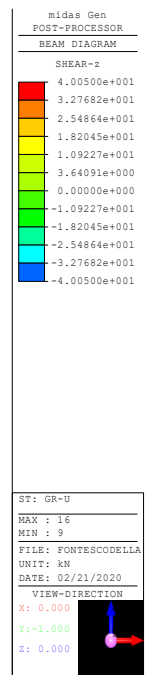
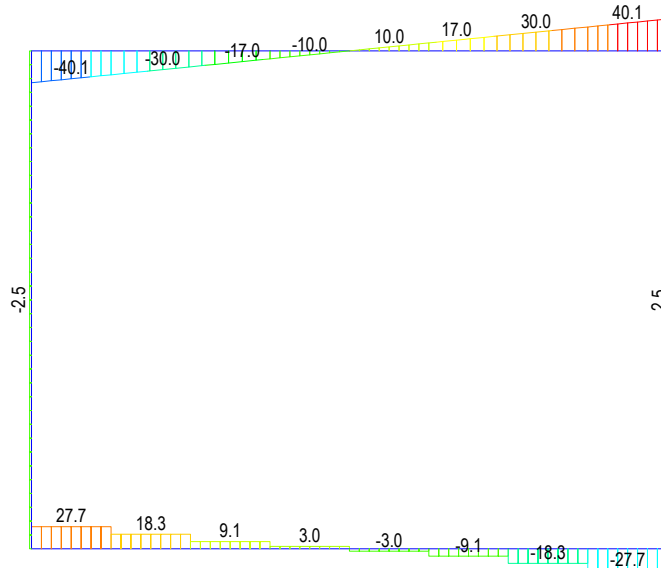


Figura 18: sollecitazione di taglio per carichi mobili distribuiti

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

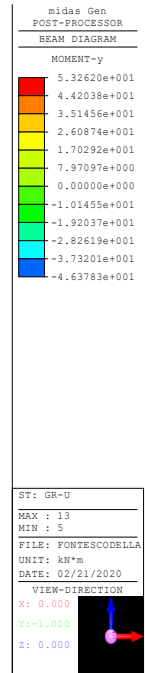
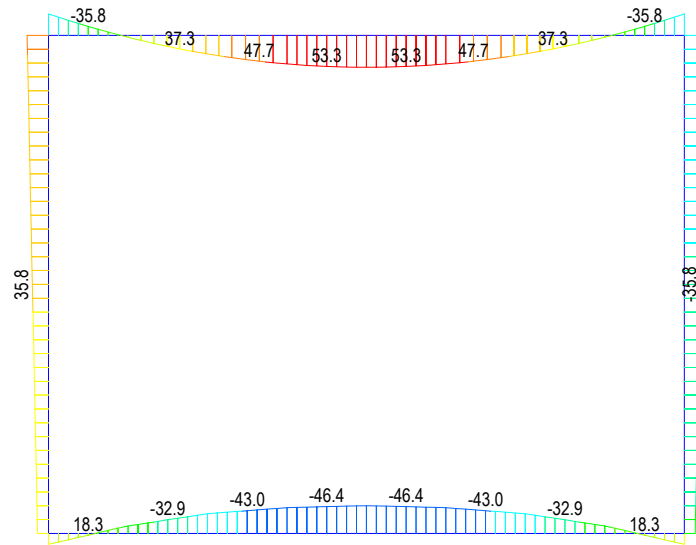


Figura 19: sollecitazione di flessione per carichi mobili distribuiti

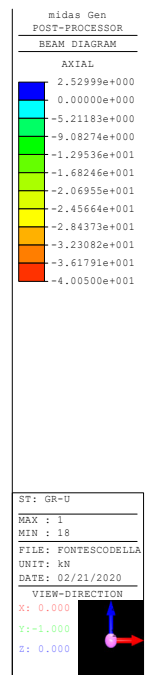
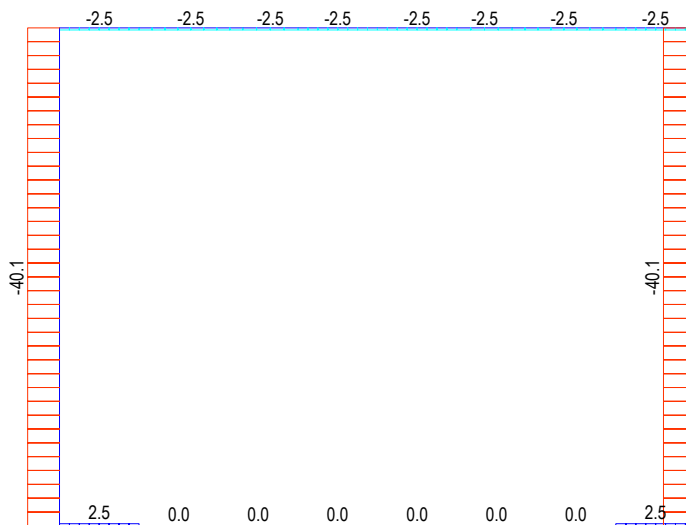


Figura 20: sollecitazione di SN per carichi mobili distribuiti

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

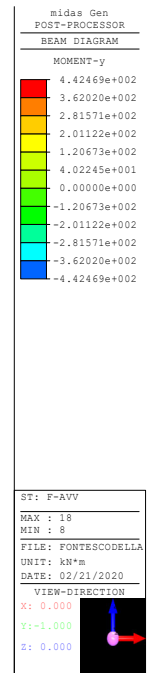
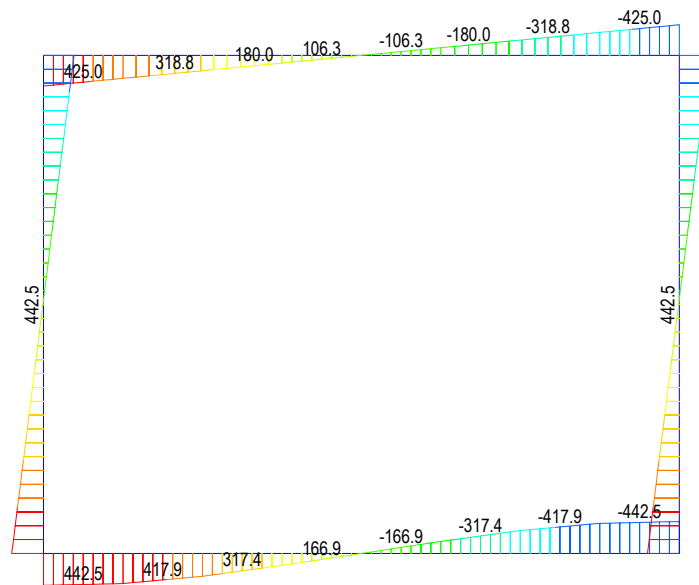


Figura 21: sollecitazione di flessione per frenatura

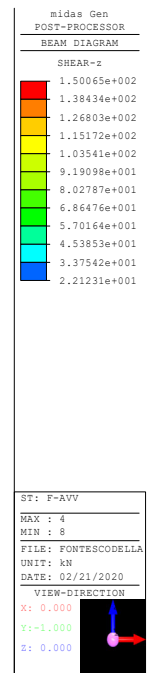
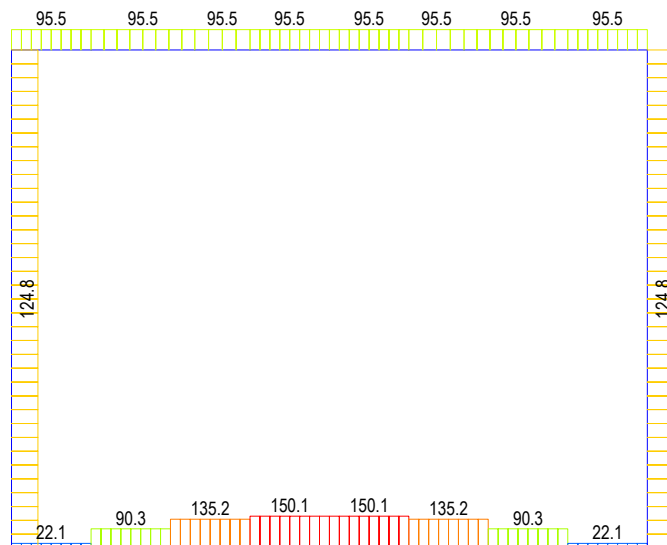


Figura 22: sollecitazione di taglio per frenatura

PROGETTAZIONE ATI:

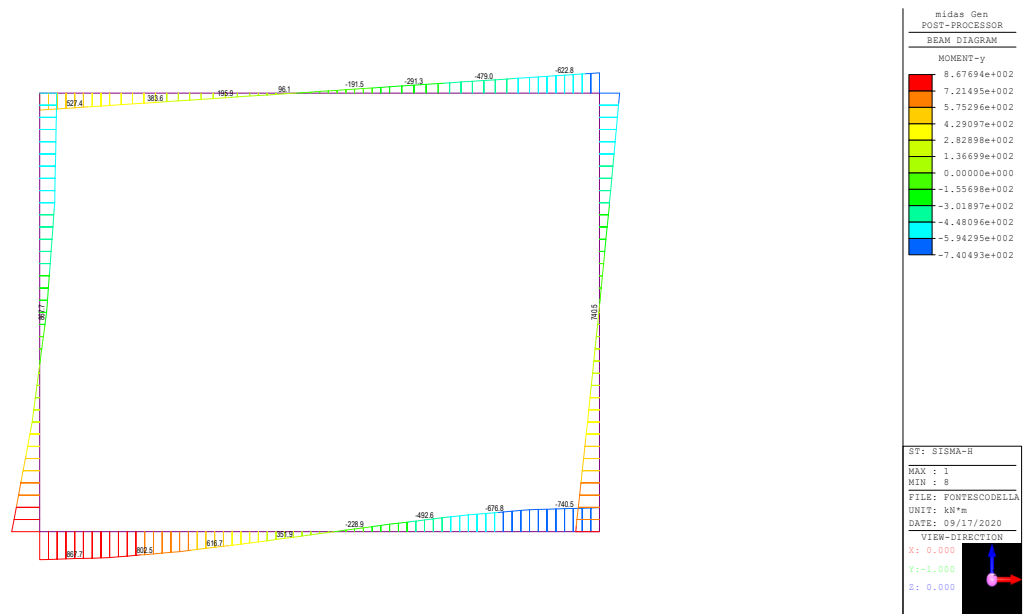


Figura 23: sollecitazione di flessione per sisma orizzontale

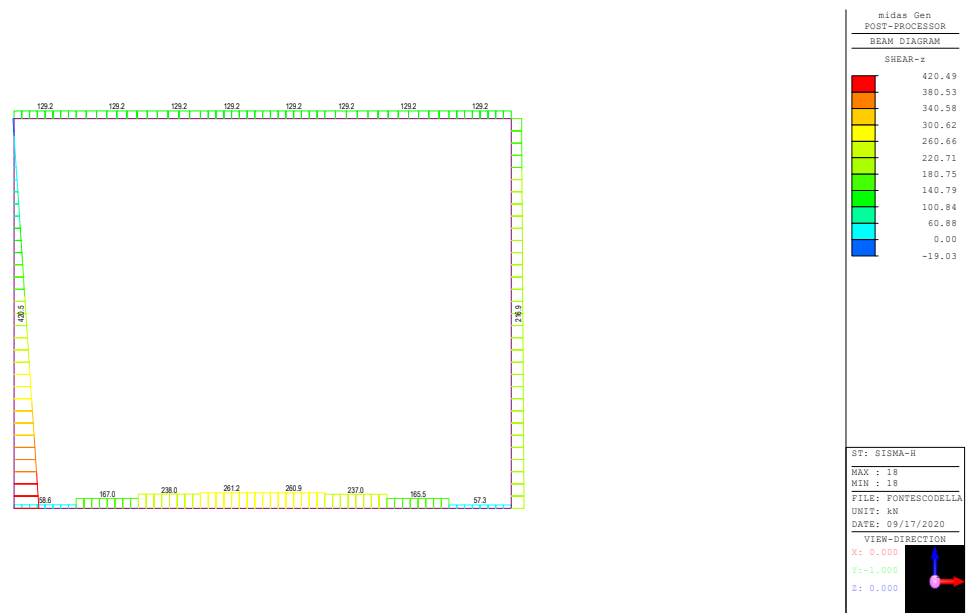


Figura 24: sollecitazione di taglio per sisma orizzontale

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

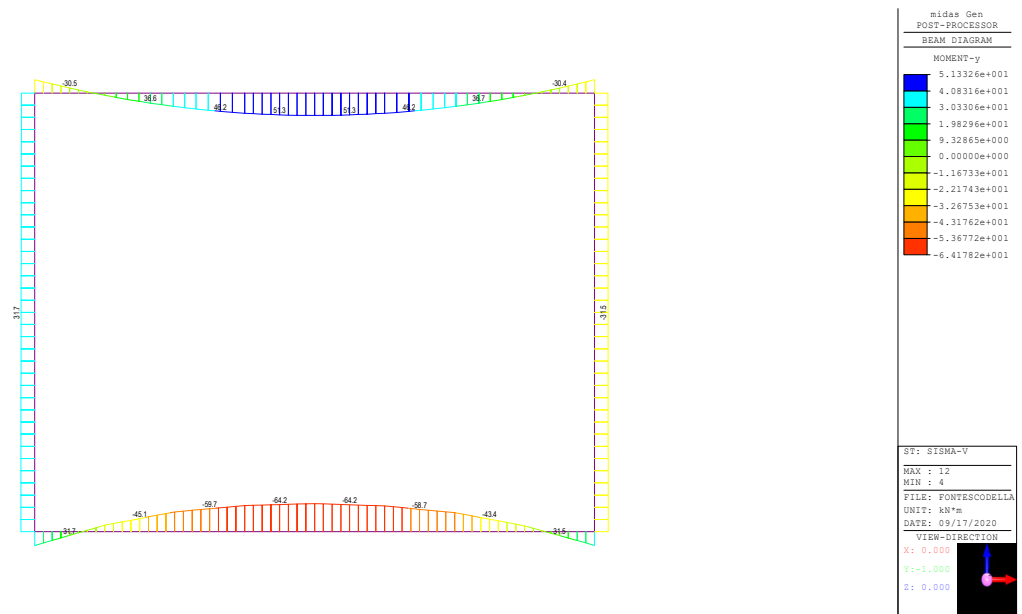


Figura 25: sollecitazione di flessione per sisma verticale

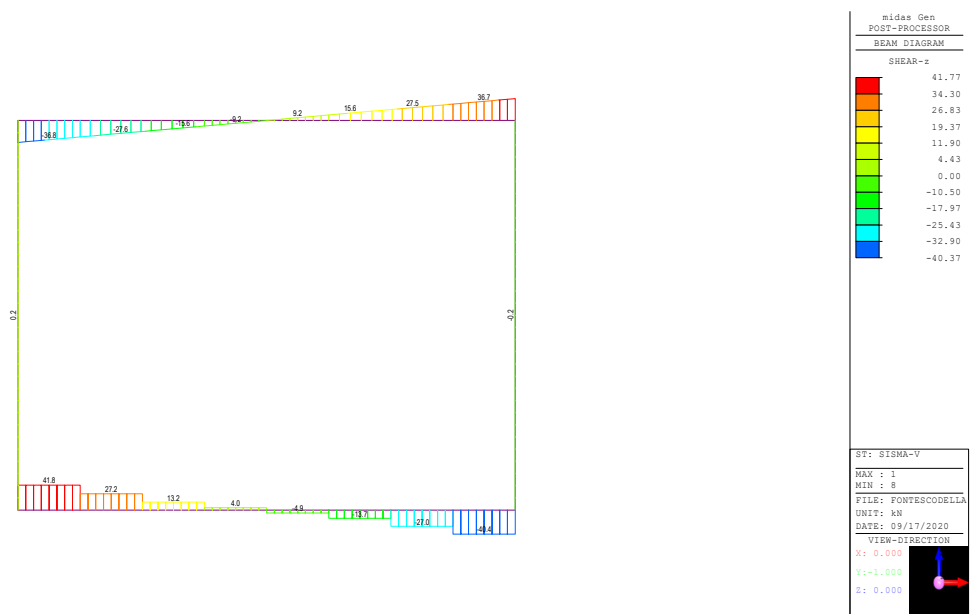


Figura 26: Sollecitazione di taglio per sisma Verticale

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

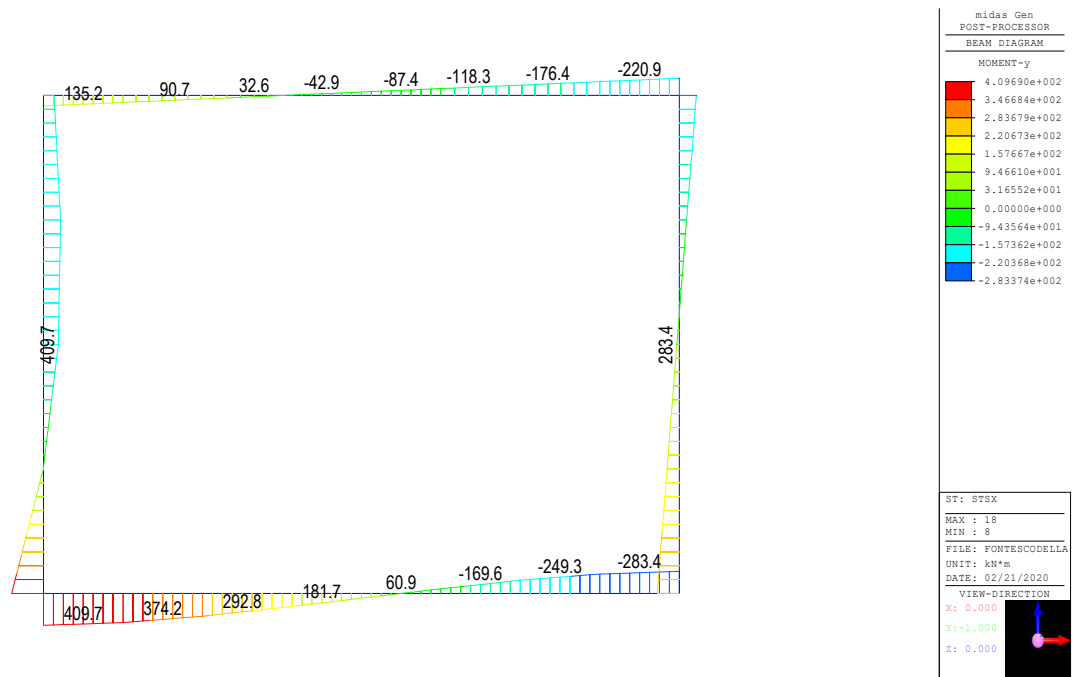


Figura 27: Sollecitazione flessionale per spinta laterale del silevato (STR)

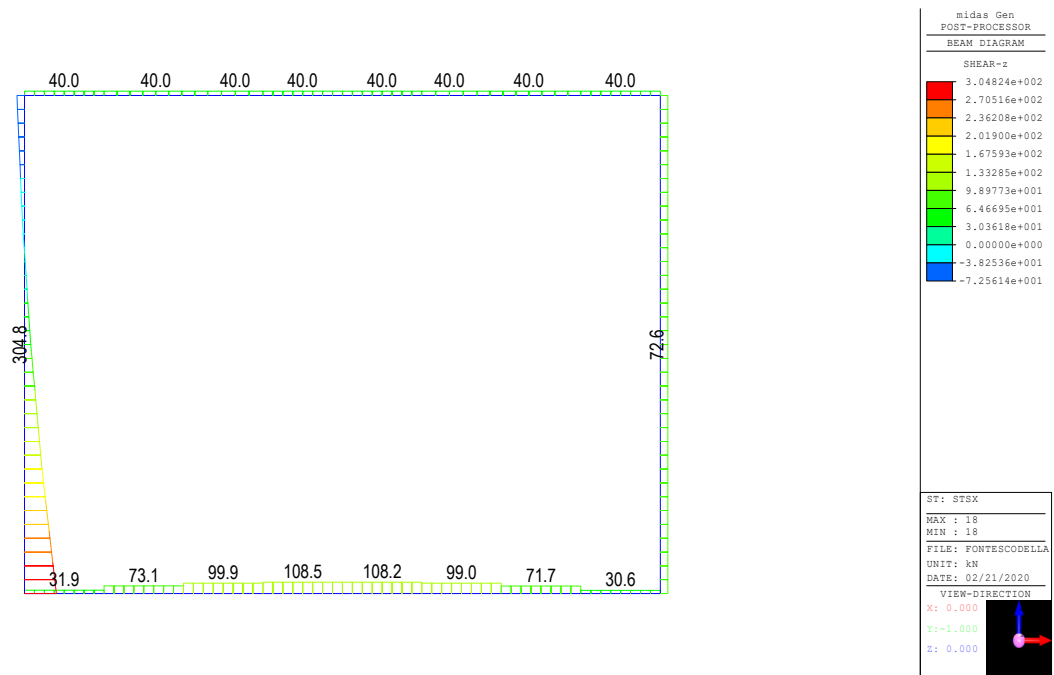
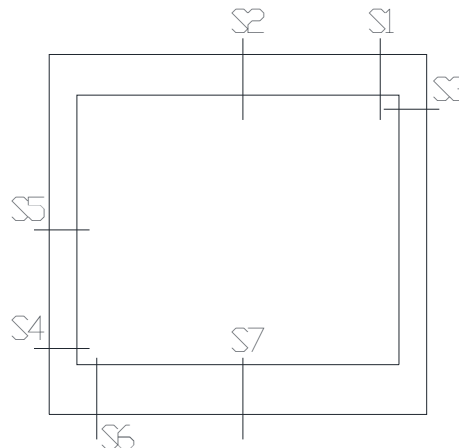


Figura 28: Sollecitazione di taglio per spinta laterale del rilevato (STR)

Le sezioni di verifica sono riportate nella figura seguente.

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Figura 29: Sezioni di verifica
Verifica della sezione S1

Elem	Load	Axial (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)
16	PP	6.95	100.13	-76.56
16	PERM	-11.54	129.05	-118.85
16	STSX	-72.56	40.02	-220.93
16	RITIRO	22.85	0	72.45
16	TU-TF	20.03	0	96.81
16	TANDEM-	-11.21	83.32	-108.9
16	GR-U	-2.53	40.05	-35.85
16	TANDEM-	-2.66	25.53	-44.99
16	SP-10	-17.36	0	-8.55
16	F-AVV	-124.82	95.52	-425.05
16	ACC1	-15.49	9.15	-48.33
16	ACC2	-17.36	10.25	-54.16
16	STSX_GEO	-87.05	48.01	-265.04
16	SISMA-H	-157.07	129.23	-479.02
16	SISMA-V	0.17	27.55	5.39

Tabella 11: sollecitazione de modello di calcolo

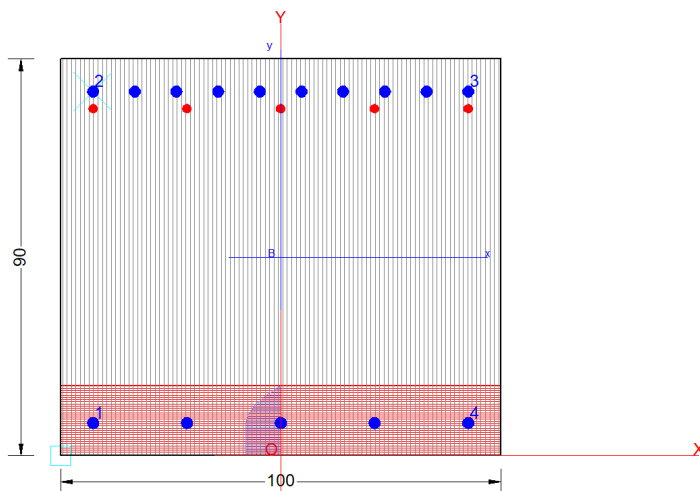
Le sollecitazioni in tabella sono state combinate secondo le combinazioni di carico elencate nei paragrafi precedenti. I risultati derivanti dalle combinazioni di carico sono di seguito riportate.

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

	SN (kN)	V(kN)	M(kNm)
Combinazione fondamentale SLU	-323.24	604.58	-1367.88
Combinazione SLU (sisma STR)	-270.19	438.92	-1043.33
Combinazione SLU (sisma GEO)	-270.19	438.92	-1043.33
Combinazione SLE Rara	-233.82	445.98	-1009.99
Combinazione SLE Frequente	-112.30	350.46	-613.91
Combinazione SLE QP	-87.17	269.20	-464.75

Tabella 12: Involuppo sollecitazioni di verifica

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.
NOME SEZIONE: S1



Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resis. compr. di calcolo fcd:	15.860 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.760 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.300 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	90.0
3	50.0	90.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.6	7.4	26
2	-42.6	82.6	26
3	42.6	82.6	26
4	42.6	7.4	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	26
2	2	3	8	26

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre				
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate				
N°Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza				
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata				

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	42.6	78.7	0.0	1	20
2	21.3	78.7	0.0	1	20
3	0.0	78.7	0.0	1	20
4	-21.3	78.7	0.0	1	20
5	-42.6	78.7	0.0	1	20

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO
ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	323.24	-1367.88	0.00	0.00	0.00
2	270.19	-1043.33	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	233.82	-1009.99	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	112.30	-613.91 (-529.83)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	87.17	-464.75 (-530.23)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.1 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	323.24	-1367.88	0.00	323.33	-2138.95	0.00	1.559	-----
2	S	270.19	-1043.33	0.00	262.71	-2118.49	0.00	2.097	-----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00505	-50.0	0.0	0.00186	-42.6	7.4	-0.01480	-42.6	82.6
2	0.00350	-0.00506	-50.0	0.0	0.00183	-42.6	7.4	-0.01519	-42.6	82.6

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000221567	0.003500000	----	----
2	0.000000000	-0.000226326	0.003500000	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1*Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	8.05	50.0	0.0	-191.7	33.1	82.6	2450	68.8	9.5	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.86	50.0	0.0	-118.4	33.1	82.6	2450	68.8	9.5	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm	= $1 - \beta_{12}^2 \cdot (S_{sr}/S_s)^2 = 1 - \beta_{12}^2 \cdot (f_{ctm}/S_2)^2 = 1 - \beta_{12}^2 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot S_s/E_s$ è tra parentesi
wk	Distanza media tra le fessure [mm]
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot s_{rm}$. Valore limite tra parentesi
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.2	0	0.125	24	61.0	0.255	0.00024 (0.00024)	184	0.074 (0.40)	-529.83	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.68	-50.0	0.0	-89.5	33.1	82.6	2450	68.8	9.5	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-2.4	0	0.125	24	61.0	0.349	0.00018 (0.00018)	184	0.056 (0.30)	-530.23	0.00

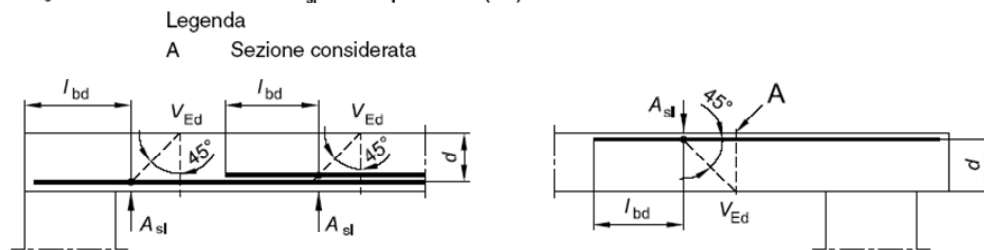
PROGETTAZIONE ATI:

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE

§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	604,58 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0,12 [-]
Coefficiente k	k	1,49 [-]
		1,49 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0,0083294 [-]
		0,0083294 [-]

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	455,17 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	311,72 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	455,17 [kN]
§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO		
Diametro delle staffe	ϕ_w	16 [mm]
Numero di braccia	n_b	4 [-]
Passo delle staffe	s	200 [mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	θ	45 [°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	90 [°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	A_{sw}	804 [mm ²]
Braccio della coppia interna	z	743,4 [mm]
Cotangente di θ	$\cot\theta$	1,00 [-]
		1,00 [-]
Cotangente di α	$\cot\alpha$	0,00 [-]
Seno di α	$\sin\alpha$	1,00 [-]
Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)	V_{Rsd}	1169,76 [kN]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f'_{cd}	9,92 [MPa]
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	3686,03 [kN]
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot\theta = 1$	$A_{sw,max}$	3041,11 [mm]
Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	1169,76 [kN]
§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE		
Resistenza massima a taglio della trave	V_{Rd}	4095,58 [kN]

Mezzeria soletta superiore, S2

Elem	Load	Axial (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)
13	PP	6.95	0	146.22
13	PERM	-11.54	0	168.29
13	STXS	-72.56	40.02	-42.85
13	RITIRO	22.85	0	72.45
13	TU-TF	20.03	0	96.81
13	TANDEM-	-11.21	0	183.33
13	GR-U	-2.53	0	53.26
13	TANDEM-	-2.66	25.53	68.63
13	SP-10	-17.36	0	-8.55
13	F-AVV	0	95.52	0
13	ACC1	-15.49	9.15	-7.63
13	ACC2	-17.36	10.25	-8.55
13	STXS_GEO	-87.05	48.01	-51.41
13	SISMA-H	-102.17	129.23	-47.71
13	SISMA-V	0.17	-0.02	51.33

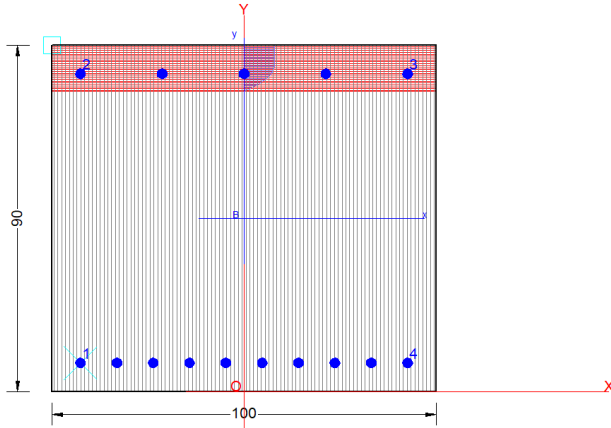
Tabella 13: sollecitazioni di output dal modello di calcolo

	SN (kN)	V(kN)	M(kNm)
Combinazione fondamentale SLU	-160.56	215.02	857.78
Combinazione SLU (sisma STR)	-193.79	193.45	428.45
Combinazione SLU (sisma GEO)	-193.79	193.45	428.45
Combinazione SLE Rara	-117.02	138.29	609.81
Combinazione SLE Frequente	-112.30	45.51	532.02
Combinazione SLE QP	-87.17	40.02	356.29

Tabella 14: Sollecitazioni di verifica

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: S2



Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35	
	Resis. compr. di calcolo fcd:	15.860	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.760	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00	daN/cm²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.300	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$:	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Classe Conglomerato: C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	90.0
3	50.0	90.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.6	7.4	26
2	-42.6	82.6	26
3	42.6	82.6	26
4	42.6	7.4	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	3	26

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	160.56	857.78	0.00	0.00	0.00
2	193.79	428.45	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	117.01	609.81	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	112.29	532.02 (507.98)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	87.17	356.29 (510.82)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.1 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.9 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo trav.). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	160.56	857.78	0.00	160.45	1659.93	0.00	1.931	-----
2	S	193.79	428.45	0.00	178.04	1666.28	0.00	3.880	-----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00781	-50.0	90.0	0.00133	-42.6	82.6	-0.02073	-42.6	7.4
2	0.00350	-0.00782	-50.0	90.0	0.00134	-42.6	82.6	-0.02057	-42.6	7.4

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO
POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.				
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)				
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				
N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000293346	-0.022901168	----	----
2	0.000000000	0.000291443	-0.022729860	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.16	50.0	90.0	-145.7	-33.1	7.4	2534	53.1	9.5	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.51	50.0	90.0	-126.3	-23.7	7.4	2534	53.1	9.5	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}											
S1	Esito della verifica											
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata											
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata											
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata											
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica											
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff											
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa											
e sm	= $1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]											
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi											
wk	Distanza media tra le fessure [mm]											
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi											
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]											
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]											

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-2.9	0	0.125	26	61.0	0.088	0.00025 (0.00025)	203	0.087 (0.40)	507.98	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.03	50.0	90.0	-83.6	-42.6	7.4	2534	53.1	9.5	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.9	0	0.125	26	61.0	-0.028	0.00017 (0.00017)	203	0.058 (0.30)	510.82	0.00

PROGETTAZIONE ATI:

Incastro superiore piedritto, S3

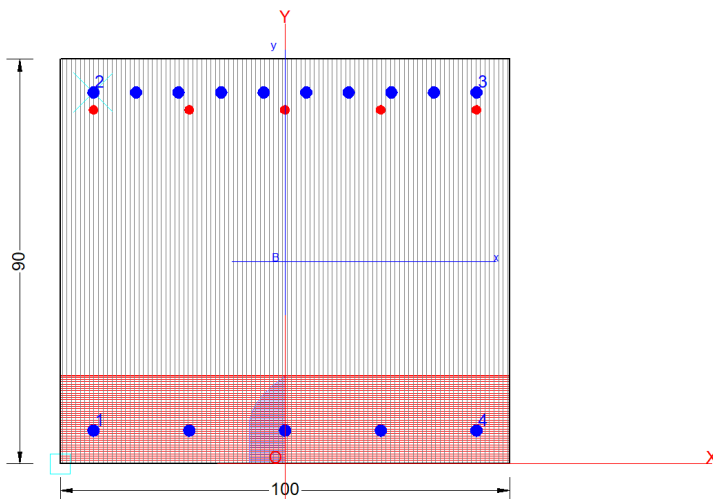
Elem	Load	Axial (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)
17	PP	-256.5	-6.95	-124.84
17	PERM	-129.05	11.54	-38.66
17	STSX	-40.02	72.56	283.37
17	RITIRO	0	-22.85	-86.36
17	TU-TF	0	-20.03	-42.41
17	TANDEM-Mmax	-83.32	11.21	-31.03
17	GR-U	-40.05	2.53	-18.27
17	TANDEM-Tmax	-25.53	2.66	-26.53
17	SP-10	0	-18.15	-11.3
17	F-AVV	-95.52	124.82	442.47
17	ACC1	-9.15	15.49	59.34
17	ACC2	-10.25	17.36	66.5
17	STSX_GEO	-48.01	87.05	339.95
17	SISMA-H	-129.23	175.38	-622.79
17	SISMA-V	-36.74	-0.17	-30.37

Tabella 15: sollecitazioni di output dal modello di calcolo

	SN (kN)	V(kN)	M(kNm)
Combinazione fondamentale SLU	-815.68	310.26	850.23
Combinazione SLU (sisma STR)	-598.04	288.50	-609.61
Combinazione SLU (sisma GEO)	-598.04	288.50	-609.61
Combinazione SLE Rara	-602.35	228.05	575.01
Combinazione SLE Frequente	-506.83	112.30	180.92
Combinazione SLE QP	-425.57	87.17	141.08

Tabella 16: Sollecitazioni di verifica

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.
NOME SEZIONE: S3



SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO
Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35	
	Resis. compr. di calcolo fcd:	15.860	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.760	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.300	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$:	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	90.0
3	50.0	90.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.6	7.4	26
2	-42.6	82.6	26
3	42.6	82.6	26
4	42.6	7.4	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	26
2	2	3	8	26

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	42.6	78.7	0.0	1	20
2	21.3	78.7	0.0	1	20
3	0.0	78.7	0.0	1	20
4	-21.3	78.7	0.0	1	20
5	-42.6	78.7	0.0	1	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	851.68	-850.23	0.00	0.00	0.00
2	598.04	-609.61	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	602.35	-575.01	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	506.83	-180.92 (-917.78)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	425.57	-141.80 (-972.09)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.1 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	851.68	-850.23	0.00	851.83	-2302.85	0.00	2.654	-----
2	S	598.04	-609.61	0.00	585.52	-2223.95	0.00	3.641	-----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00342	-50.0	0.0	0.00217	-42.6	7.4	-0.01132	-42.6	82.6
2	0.00350	-0.00289	-50.0	0.0	0.00201	-42.6	7.4	-0.01308	-42.6	82.6

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000179391	0.003500000	----	----
2	0.000000000	-0.000200730	0.003500000	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.98	-50.0	0.0	-81.0	33.1	82.6	2450	68.8	9.5	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.76	-50.0	0.0	-10.8	33.1	82.6	1550	68.8	9.5	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm	$= 1 - \text{Beta}12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (fctm/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (Mfess/M)^2$ [B.6.6 DM96]
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite $= 0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
wk	Distanza media tra le fessure [mm]
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure $= 1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.5	0	0.125	24	61.0	-24.734	0.00002 (0.00002)	168	0.006 (0.40)	-917.78	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.40	-50.0	0.0	-7.5	33.1	82.6	1450	68.8	9.5	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.4	0	0.125	24	61.0	-22.498	0.00001 (0.00001)	167	0.004 (0.30)	-972.09	0.00

PROGETTAZIONE ATI:

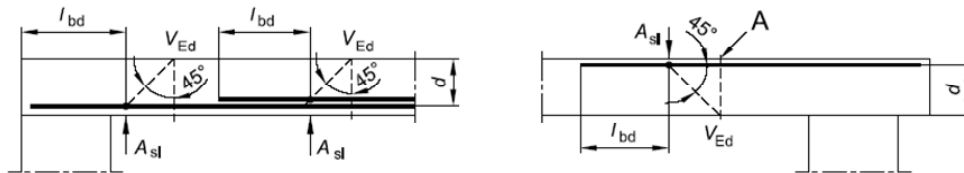
SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE			
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO			
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	310	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		sì	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0,12	[-]
Coefficiente k	k	1,49	[-]
		1,49	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0,0083294	[-]
		0,0083294	[-]

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	455,17	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	311,72	[kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	455,17	[kN]
§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO			
Diametro delle staffe	ϕ_{sw}	16	[mm]
Numero di braccia	n_b	2	[-]
Passo delle staffe	s	200	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	θ	45	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	A_{sw}	402	[mm ²]
Braccio della coppia interna	z	743,4	[mm]
Cotangente di θ	$\cot\theta$	1,00	[-]
		1,00	[-]
Cotangente di α	$\cot\alpha$	0,00	[-]
Seno di α	$\sin\alpha$	1,00	[-]
Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)	V_{Rsd}	584,88	[kN]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f'_{cd}	9,92	[MPa]
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	3686,03	[kN]
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot\theta = 1$	$A_{sw,max}$	3041,11	[mm]
Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	584,88	[kN]
§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE			
Resistenza massima a taglio della trave	V_{Rd}	4095,58	[kN]

PROGETTAZIONE ATI:

Incastro di base del piedritto, sezione S4

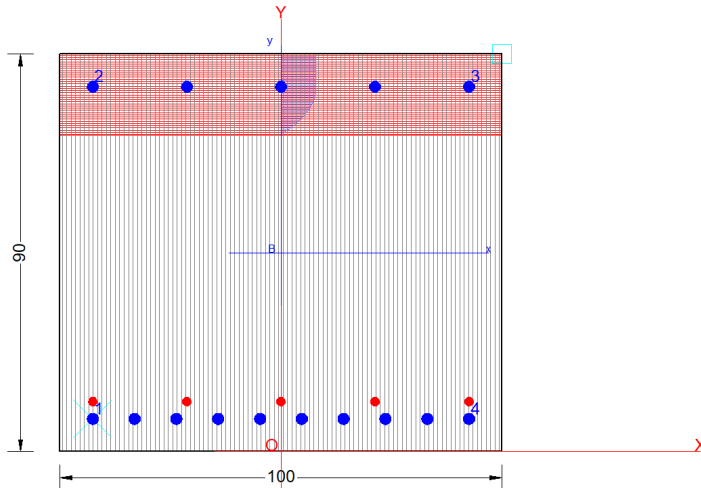
Elem	Load	Axial (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)
18	PP	-256.5	6.95	124.84
18	PERM	-129.05	-11.54	38.66
18	STSX	40.02	304.82	409.69
18	RITIRO	0	22.85	86.36
18	TU-TF	0	20.03	42.41
18	TANDEM-Mmax	-83.32	-11.21	31.03
18	GR-U	-40.05	-2.53	18.27
18	TANDEM-Tmax	-121.98	-2.66	45.45
18	SP-10	0	18.15	11.3
18	F-AVV	95.52	124.82	442.47
18	ACC1	9.15	47.89	79.52
18	ACC2	10.25	53.67	89.11
18	STSX_GEO	48.01	365.67	491.48
18	SISMA-H	129.23	420.49	867.69
18	SISMA-V	-60.96	0.17	31.69

Tabella 17: Sollecitazioni di output del modello di calcolo

	SN (kN)	V(kN)	M(kNm)
Combinazione fondamentale SLU	-699.21	645.53	1614.89
Combinazione SLU (sisma STR)	-406.49	767.55	1637.99
Combinazione SLU (sisma GEO)	-406.49	767.55	1637.99
Combinazione SLE Rara	-468.90	455.73	1147.36
Combinazione SLE Frequente	-424.04	354.69	704.89
Combinazione SLE QP	-345.53	321.67	637.58

Tabella 18: Sollecitazioni di verifica

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.
NOME SEZIONE: S4



Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resis. compr. di calcolo fcd:	15.860 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.760 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.300 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO
CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C28/35	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	90.0
3	50.0	90.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.6	7.4	26
2	-42.6	82.6	26
3	42.6	82.6	26
4	42.6	7.4	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	3	26

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre				
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate				
N°Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza				
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata				

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	42.6	11.3	0.0	1	20
2	21.3	11.3	0.0	1	20
3	0.0	11.3	0.0	1	20
4	-21.3	11.3	0.0	1	20
5	-42.6	11.3	0.0	1	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	699.21	1614.89	0.00	0.00	0.00
2	406.49	1637.99	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	468.86	1147.36	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	424.04	704.89 (568.23)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	345.53	637.58 (562.42)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.1 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
--------	-----	---	----	----	-------	--------	--------	----------	---------

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

1	S	699.21	1614.89	0.00	698.98	2258.14	0.00	1.393	----
2	S	406.49	1637.99	0.00	398.04	2163.93	0.00	1.321	----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00387	50.0	90.0	0.00209	42.6	82.6	-0.01228	-42.6	7.4
2	0.00359	-0.00496	50.0	90.0	0.00223	42.6	82.6	-0.01434	-42.6	7.4

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000191012	-0.013691112	----	----
2	0.000000000	0.000215957	-0.015936147	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	9.33	-50.0	90.0	-205.0	-23.7	7.4	2450	68.8	4.6	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.86	-50.0	90.0	-117.7	-14.2	7.4	2450	68.8	8.1	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	= $1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot S_s / E_s$ è tra parentesi
srm Distanza media tra le fessure [mm]
wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot s_m \cdot s_{rm}$. Valore limite tra parentesi
MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.4	0	0.125	24	61.0	0.350	0.00024 (0.00024)	182	0.073 (0.40)	568.23	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.26	-50.0	90.0	-108.7	-33.1	7.4	2450	68.8	9.5	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

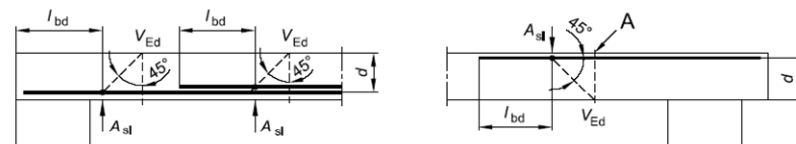
Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.1	0	0.125	24	61.0	0.611	0.00033 (0.00022)	184	0.104 (0.30)	562.42	0.00

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE		
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO		
Azione di taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V _{Ed}	767.55 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si [-]
Coefficiente C _{Rd,c}	C _{Rd,c}	0.12 [-]
Coefficiente k	k	1.46 [-]
		1.46 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di l _{bd} + d	ρ _t	0.0074299 [-]
		0.0074299 [-]

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V _{Rd,c}	482.21 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	V _{Rd,min}	339.90 [kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	482.21 [kN]
§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO		
Diametro delle staffe	φ _{sw}	16 [mm]
Numero di braccia	n _b	4 [-]
Passo delle staffe	s	200 [mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	θ	45 [°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	90 [°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	A _{sw}	804 [mm ²]
Braccio della coppia interna	z	833.4 [mm]
Cotangente di θ	cotθ	1.00 [-]
		1.00 [-]
Cotangente di α	cotα	0.00 [-]
Seno di α	sinα	1.00 [-]
Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)	V_{Rsd}	1311.38 [kN]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f _{cd}	9.92 [MPa]
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	4132.28 [kN]
Massima area efficace di armatura a taglio per cotθ = 1	A _{sw,max}	3041.11 [mm]
Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	1311.38 [kN]
§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE		
Resistenza massima a taglio della trave	V_{Rd}	4591.42 [kN]

PROGETTAZIONE ATI:

Sezione centrale del piedritto (S5)

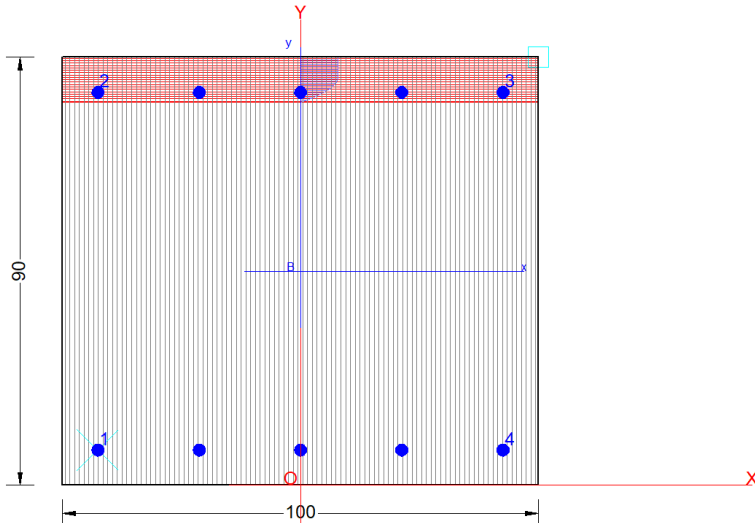
Elem	Load	Axial (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)
18	PP	-178.31	6.95	100.7
18	PERM	-129.05	-11.54	78.75
18	STX	40.02	59.54	-190.62
18	RITIRO	0	22.85	6.96
18	TU-TF	0	20.03	-27.2
18	TANDEM-Mmax	-83.32	-11.21	69.96
18	GR-U	-40.05	-2.53	27.06
18	TANDEM-Tmax	-121.98	-2.66	54.68
18	SP-10	0	0.4	-20.92
18	F-AVV	95.52	124.82	8.71
18	ACC1	9.15	16.2	-31.84
18	ACC2	10.25	18.15	-35.68
18	STX_GEO	48.01	71.43	-228.67
18	SISMA-H	129.23	200.73	-211.67
18	SISMA-V	-48.87	0.17	31.11

Tabella 19: sollecitazioni di output dal modello di calcolo

	SN (kN)	V(kN)	M(kNm)
Combinazione fondamentale SLU	-593.66	293.01	210.55
Combinazione SLU (sisma STR)	-316.21	302.51	-233.48
Combinazione SLU (sisma GEO)	-316.21	302.51	-233.48
Combinazione SLE Rara	-390.71	200.94	106.35
Combinazione SLE Frequente	-345.85	90.40	68.44
Combinazione SLE QP	-267.34	76.39	-24.77

Tabella 20: sollecitazioni di verifica

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.
NOME SEZIONE: S5



Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resis. compr. di calcolo fcd:	15.860 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.760 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.300 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

 Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C28/35

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	90.0
3	50.0	90.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-42.6	7.4	26
2	-42.6	82.6	26
3	42.6	82.6	26
4	42.6	7.4	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N° Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N° Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N° Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N° Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N° Gen.	N° Barra Ini.	N° Barra Fin.	N° Barre	Ø
1	1	4	3	26
2	2	3	3	26

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N° Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	593.66	210.55	0.00	0.00	0.00
2	316.21	-233.48	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	390.71	-106.37	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	345.85	68.44 (2530.13)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	267.34	-24.77 (-972.09)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.1 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	18.7 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	593.66	210.55	0.00	593.71	1046.41	0.00	4.970	----
2	S	316.21	-233.48	0.00	309.53	-939.70	0.00	4.026	----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01070	50.0	90.0	0.00078	42.6	82.6	-0.02692	-42.6	7.4
2	0.00350	-0.01234	-50.0	0.0	0.00049	-42.6	7.4	-0.03044	-42.6	82.6

PROGETTAZIONE ATI:

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.				
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)				
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				
N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000368231	-0.029640783	----	----
2	0.000000000	-0.000409355	0.003500000	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.14	-50.0	0.0	-5.0	42.6	82.6	1300	26.5	21.3	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.79	-50.0	90.0	-0.3	-42.6	7.4	----	----	----	----

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}											
S1	Esito della verifica											
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata											
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata											
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata											
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica											
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff											
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa											
e sm	$= 1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]											
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite $= 0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi											
wk	Distanza media tra le fessure [mm]											
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure $= 1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi											
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]											
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]											

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.1	0	----	----	----	----	----	----	----	2530.13	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.43	-50.0	0.0	2.2	21.3	82.6	----	----	----	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.1	0	----	----	----	----	----	----	----	-972.09	0.00

PROGETTAZIONE ATI:

Sezione di incastro della soletta di base (S6)

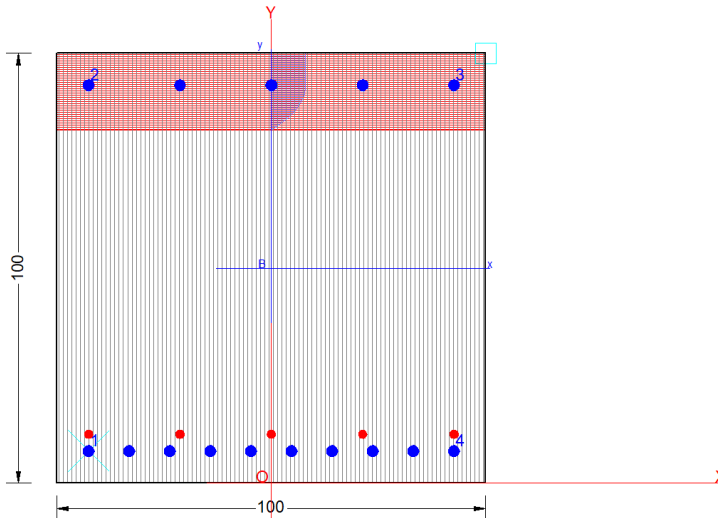
Elem	Load	Axial (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)
1	PP	-6.95	145.07	124.84
1	PERM	11.54	61.74	38.66
1	STX	-304.82	31.91	409.69
1	RITIRO	-22.85	0.91	86.36
1	TU-TF	-20.03	0.45	42.41
1	TANDEM-Mmax	11.21	57.62	31.03
1	GR-U	2.53	27.73	18.27
1	TANDEM-Tmax	2.66	71.68	45.45
1	SP-10	-18.15	0.12	11.3
1	F-AVV	-124.82	22.12	442.47
1	ACC1	-47.89	5.92	79.52
1	ACC2	-53.67	6.63	89.11
1	STX_GEO	-365.67	38.28	491.48
1	SISMA-H	-366.04	58.62	867.69
1	SISMA-V	-0.31	41.77	31.69

Tabella 21: sollecitazioni di output dal modello di calcolo

	SN (kN)	V(kN)	M(kNm)
Combinazione fondamentale SLU	-645.53	461.89	1614.89
Combinazione SLU (sisma STR)	-713.14	335.09	1637.99
Combinazione SLU (sisma GEO)	-713.14	335.09	1637.99
Combinazione SLE Rara	-455.73	326.66	1147.36
Combinazione SLE Frequente	-354.69	295.62	704.89
Combinazione SLE QP	-321.67	239.40	637.58

Tabella 22: Sollecitazioni di verifica

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.
NOME SEZIONE: S6



Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resis. compr. di calcolo fcd:	15.860 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.760 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.300 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO
CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C28/35	
N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-42.6	7.4	26
2	-42.6	92.6	26
3	42.6	92.6	26
4	42.6	7.4	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N° Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N° Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N° Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N° Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N° Gen.	N° Barra Ini.	N° Barra Fin.	N° Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	3	26

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N° Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre				
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate				
N° Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza				
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata				

N° Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N° Barre	Ø
1	42.6	11.3	0.0	1	20
2	21.3	11.3	0.0	1	20
3	0.0	11.3	0.0	1	20
4	-21.3	11.3	0.0	1	20
5	-42.6	11.3	0.0	1	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				

N° Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
----------	---	----	----	----	----

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

1	645.53	1614.89	0.00	0.00	0.00
2	713.14	1637.99	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	455.73	1147.36	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	354.69	704.89 (684.68)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	321.67	637.58 (684.85)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.1 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	645.53	1614.89	0.00	645.68	2543.68	0.00	1.576	----
2	S	713.14	1637.99	0.00	713.32	2567.28	0.00	1.567	----

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO
METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00488	50.0	100.0	0.00205	42.6	92.6	-0.01460	-42.6	7.4
2	0.00350	-0.00482	50.0	100.0	0.00211	42.6	92.6	-0.01413	-42.6	7.4

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000195470	-0.016046979	----	----
2	0.000000000	0.000189887	-0.015488707	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	7.77	50.0	100.0	-178.8	-33.1	7.4	2450	68.8	9.5	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.83	50.0	100.0	-105.3	-4.7	7.4	2450	68.8	6.1	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Psi	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm	= $1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
wk	Distanza media tra le fessure [mm]
	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

		Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm] Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]											
MX fess. MY fess.													
Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-2.8	0	0.125	24	61.0	0.057	0.00021 (0.00021)	178	0.064 (0.40)	684.68	0.00	

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.37	50.0	100.0	-95.2	-33.1	7.4	2450	68.8	9.5	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-2.6	0	0.125	24	61.0	0.423	0.00020 (0.00019)	184	0.063 (0.30)	684.85	0.00

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE

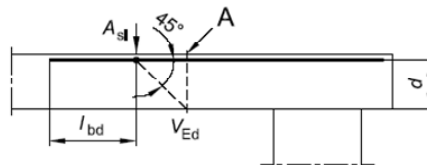
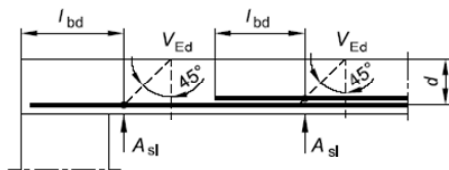
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	461,89	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		sì	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0,12	[-]
Coefficiente k	k	1,46	[-]
		1,46	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0,0074299	[-]
		0,0074299	[-]

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	482,21	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	339,90	[kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	482,21	[kN]
§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO			
Diametro delle staffe	ϕ_{tw}	16	[mm]
Numero di braccia	n_b	4	[-]
Passo delle staffe	s	200	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	θ	45	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	A_{sw}	804	[mm ²]
Braccio della coppia interna	z	833,4	[mm]
Cotangente di θ	$\cot\theta$	1,00	[-]
		1,00	[-]
Cotangente di α	$\cot\alpha$	0,00	[-]
Seno di α	$\sin\alpha$	1,00	[-]
Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)	V_{Rsd}	1311,38	[kN]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f_{cd}	9,92	[MPa]
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	4132,28	[kN]
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot\theta = 1$	$A_{sw,max}$	3041,11	[mm]
Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	1311,38	[kN]
§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE			
Resistenza massima a taglio della trave	V_{Rd}	4591,42	[kN]

PROGETTAZIONE ATI:

Sezione centrale della soletta di base (S7)

Elem	Load	Axial (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)
5	PP	0	-28.14	-227.26
5	PERM	0	-17.07	-116.67
5	STSX	0	108.2	60.89
5	RITIRO	0	-0.23	83.26
5	TU-TF	0	-0.12	40.89
5	TANDEM-	0	-6.25	-103.21
5	GR-U	0	-3.01	-46.38
5	TANDEM-	0	-15.57	-83.15
5	SP-10	0	-0.03	10.9
5	F-AVV	0	150.07	0
5	ACC1	0	21.98	9.73
5	ACC2	0	24.64	10.9
5	STSX_GEO	0	129.81	73.05
5	SISMA-H	0	261.22	206.62
5	SISMA-V	0	4.04	-61.93

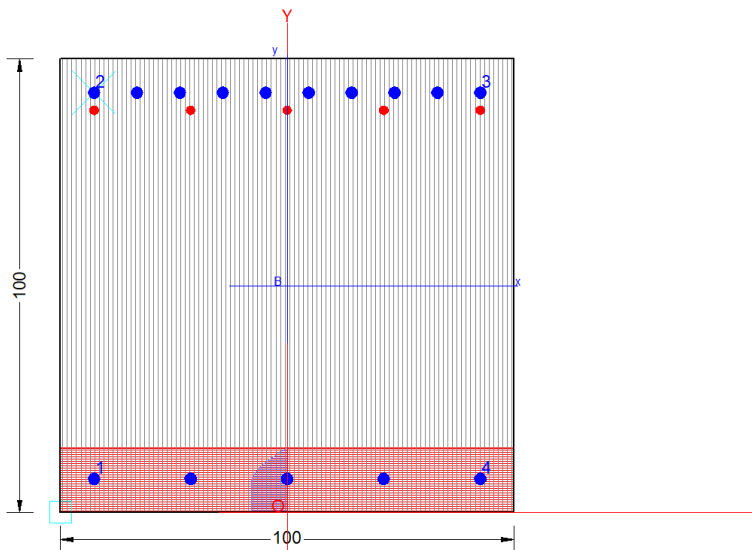
Tabella 23: Sollecitazioni di output dal modello di calcolo

	SN (kN)	V(kN)	M(kNm)
Combinazione fondamentale SLU	-3256,64	317,72	-1140,76
Combinazione SLU (sisma STR)	-2713,87	262,22	-684,00
Combinazione SLU (sisma GEO)	-2713,87	262,22	-684,00
Combinazione SLE Rara	-2713,87	232,25	-827,14
Combinazione SLE Frequente	-1628,32	81,43	-731,16
Combinazione SLE QP	-1356,94	72,14	-559,72

Tabella 24: Sollecitazioni di verifica

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: s7



Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resis. compr. di calcolo fcd:	15.860 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.760 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.300 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Classe Conglomerato: C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.6	7.4	26
2	-42.6	92.6	26
3	42.6	92.6	26
4	42.6	7.4	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	26
2	2	3	8	26

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre				
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate				
N°Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza				
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata				

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	42.6	88.7	0.0	1	20
2	21.3	88.7	0.0	1	20
3	0.0	88.7	0.0	1	20
4	-21.3	88.7	0.0	1	20
5	-42.6	88.7	0.0	1	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-634.80	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-374.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-457.16	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-453.49 (-624.36)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-303.49 (-624.36)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.1 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-634.80	0.00	0.00	-2297.55	0.00	3.619	68.8(14.8)
2	S	0.00	-374.00	0.00	0.00	-2297.55	0.00	6.143	68.8(14.8)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00714	-50.0	0.0	0.00166	-42.6	7.4	-0.01950	-42.6	92.6
2	0.00350	-0.00714	-50.0	0.0	0.00166	-42.6	7.4	-0.01950	-42.6	92.6

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000248349	0.003500000	0.152	0.700
2	0.000000000	-0.000248349	0.003500000	0.152	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $\beta_1 \cdot \beta_2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.93	50.0	0.0	-82.7	-14.2	92.6	2450	68.8	8.1	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.91	50.0	0.0	-82.0	-4.7	92.6	2450	68.8	6.1	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e_1 + e_2) / (2 \cdot e_1)$ per trazione eccentrica
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Psi	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm	$= 1 - \beta_1 \beta_2 \cdot (S_{sr}/S_s)^2 = 1 - \beta_1 \beta_2 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot S_s/E_s$ è tra parentesi
wk	Distanza media tra le fessure [mm]
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot s_m \cdot s_{rm}$. Valore limite tra parentesi
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-2.0	0	0.125	24	61.0	-0.896	0.00016 (0.00016)	178	0.050 (0.40)	-624.36	0.00

PROGETTAZIONE ATI:

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.94	-50.0	0.0	-54.9	-14.2	92.6	2450	68.8	8.1	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

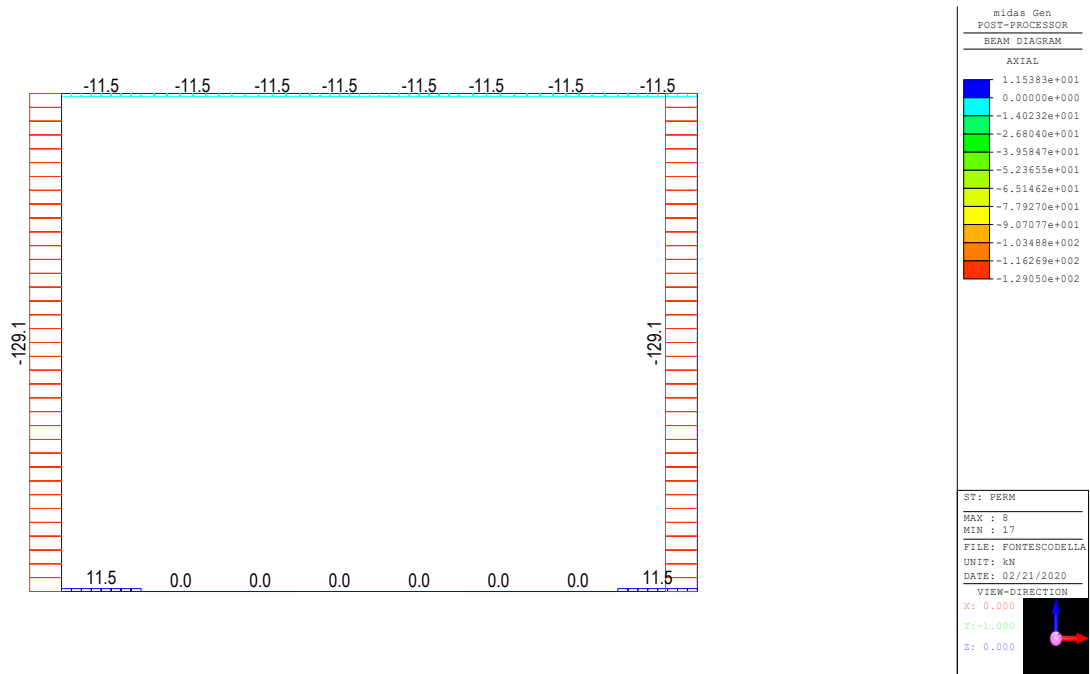
Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.3	0	0.125	24	61.0	-1.116	0.00011 (0.00011)	182	0.034 (0.30)	-624.36	0.00

10.1. VERIFICHE DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Al fine di determinare la congruenza dei dati ottenuti dal software utilizzato e la validazione del modello analitico implementato è stato effettuato un controllo dei valori di momento flettente ottenuti con gli schemi semplificati della Tecnica delle Costruzioni.

In particolare, con riferimento alla condizione di carico permanente, dovuto al solo peso del terreno presente sulla soletta superiore è stato effettuato una verifica di corrispondenza della sollecitazione di SN agente nel pietritto. I carichi permanenti portati considerati nella presente verifica, agenti sulla soletta superiore sono i seguenti:

- peso rilevato e pavimetazione 29.00 kN/m²



La sollecitazione di SN derivante dal modello di calcolo è pari a 129.1 kN.

Da calcolazioni manuali si ha:

PROGETTAZIONE ATI:

$SN=Q \times L/2 = 29.0 \times 8.90/2 = 129.05 \text{ kN/m}$. Si è fatto riferimento ad una luce di calcolo considerata in asse al piedritto. I valori sono del tutto analoghi pertanto il modello implementato è da ritenersi rappresentativo e congruente con lo stato reale.

10.1. VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ

La verifica di deformabilità del ponte è stata condotta per la condizione di esercizio di tipo frequente limitando la freccia massima a $L/500$ per l'effetto dei carichi variabili da traffico, nella condizione più sfavorevole. Nella fattispecie, utilizzando la combinazione caratteristica (rara) degli SLE (SLE RARA), si ottiene nella sezione di mezzzeria della soletta superiore (nodo 15) uno spostamento:

Node	Load	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	RX ([rad])	RY ([rad])	RZ ([rad])
15	rara	0,007179	0	-0,001596	0	-0,00023	0

Tale spostamento, risulta essere inferiore al limite $L/500$ che per una luce di 8.90 m (interasse appoggi) risulta pari a 1.17 cm, pertanto la verifica si ritiene soddisfatta.

11. VERIFICA DEL MURO AD L SUL LATO SINISTRO DELLO SCATOLARE

In ingresso allo scatolare percorrendo verso la rotatoria Mattei si realizzerà un muro di sostegno ad L che è giuntato rispetto allo scatolare, quindi parte con la medesima altezza e scende con pendenza 3/1 sino all'altezza di 1.0 m. Il muro di sostegno finisce con un risvolto verso l'esterno in modo da generare un angolo di circa 20° rispetto alla direttrice dell'asse stradale.

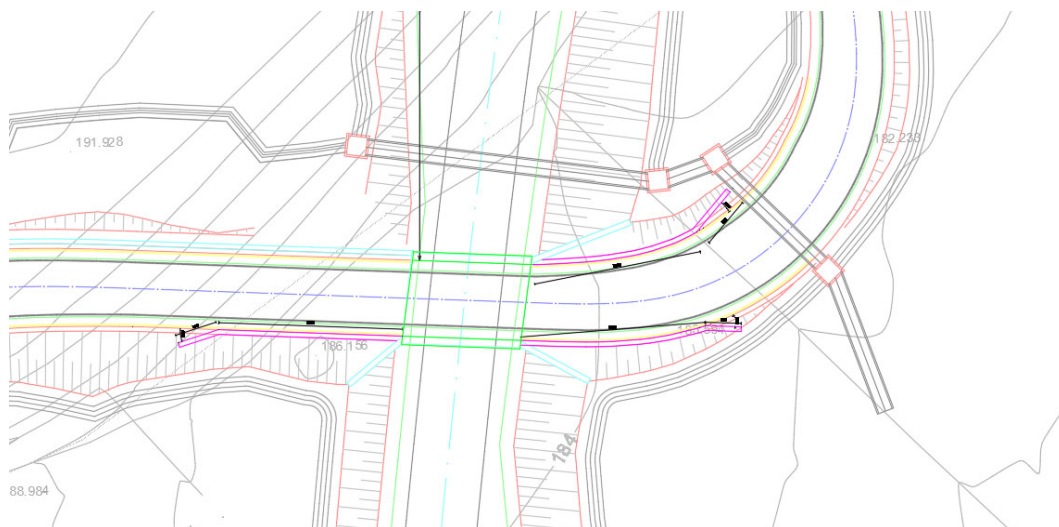


Figura 30: Planimetria con Muro a sinistra in progetto

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Il muro si estende per una lunghezza di circa 19.43 m dove raggiunge la quota di 1.0 m dal livello di pavimentazione stradale. Il risvolto ha una lunghezza di circa 4.47 m in modo da finire con l'avvio annegato all'interno della scarpata che ha pendenza 3/2.

Il muro ha uno spessore alla base pari a 90 cm e si trova alla stessa quota di imposta della fondazione dello scatolare. Sino a 4.0 m dal livello superiore della soletta di fondazione ha lo stesso spessore di 90 cm, poi si rastrema a 50 cm. Tale struttura verticale del muro è attesa sino allo sviluppo in elevazione pari a 4.0 m. A seguire, dove il muro avrà altezza inferiore a 4.0 m avrà una sezione costante pari a 50 cm di spessore.

Il primo calcolo viene esguito considerando un'altezza massima di 7.0 m per il muro più alto e si estende sino al raggiungimento dell'altezza di 4.0 m. La seconda sezione adottata fa riferimento all'altezza di 4.0 m e viene adottata sino all'altezza di 1.0 m.

11.1. PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DELLE STRUTTURE

Il terreno a tergo delle strutture in oggetto è costituito da terreno per rilevati stradali; si considerano prudenzialmente ai fini del calcolo i parametri geotecnici del terreno di fondazione dedotti dalla relazione geologica allegata al progetto:

$$\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 35^\circ$$

$$c' = 0$$

Lo scavo per la realizzazione della fondazione dei muri avviene a cielo aperto con pendenza 3:2. Il terreno di base su cui fonda il muro di sostegno ha le seguenti caratteristiche meccaniche:

$$\gamma_t = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 15 \text{ kPa}$$

$$\phi = 22^\circ$$

$$E = 10 \text{ MPa}$$

11.2. DEFINIZIONE DELLE DELL'AZIONI

Le azioni da considerare nella progettazione dei ponti stradali sono:

- le azioni permanenti
- le azioni sismiche.
- le azioni variabili;
- le azioni eccezionali;

11.2.1. AZIONI PERMANENTI

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- | | |
|------------------------|------------------------|
| - calcestruzzo armato: | 25.0 kN/m ³ |
| - rilevato | 20.0 kN/m ³ |

PROGETTAZIONE ATI:

Peso proprio degli elementi strutturali (g₁)

I pesi propri degli elementi strutturali per metro lineare di struttura sono i seguenti

Muri con spessore 90 cm:

- soletta di fondazione e paramento $0.90 \cdot 25 = 22.50 \text{ kN/m}^2$

Muri con spessore 50 cm:

- soletta di fondazione e paramento $0.50 \cdot 25 = 12.50 \text{ kN/m}^2$

11.2.2. AZIONI VARIABILI

i carichi mobili su rilevato stradale vengono assunti con la seguente intensità:

- $P_{var} = 5.0 \text{ kN/m}^2$;

11.3. VERIFICHE GEOTECNICHE

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ . In particolare, si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima. La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte del muro sia presente la falda il diagramma delle pressioni sul muro risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa, al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento

$$\gamma_a = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \arctg(C)$ essendo C il coefficiente di intensità sismica.

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1. Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso del muro, del terreno sovrastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_r$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_{c1c} + q N_q d_{q1q} + 0.5 \gamma B N_\gamma d_{\gamma1\gamma}$$

In questa espressione

- c coesione del terreno in fondazione;
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
- γ peso di volume del terreno in fondazione;
- B larghezza della fondazione;
- D profondità del piano di posa;
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

PROGETTAZIONE ATI:

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

I fattori d e i che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} K_p^{0.5}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} K_p^{0.5} \quad \text{per } \phi > 0$$

Fattori di inclinazione

Indicando con θ l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale (espresso in gradi) e con ϕ l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta^\circ/90)^\phi$$

$$i_\gamma = (1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ})^2 \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Meyerhof propone di moltiplicare la capacità portante ultima per un fattore correttivo R_e dove:

$$R_e = 1.0 - 2.0 e/B \quad \text{per terreni coesivi}$$

$$R_e = 1.0 - (e/B)^{0.5} \quad \text{per terreni incoerenti}$$

con e eccentricità del carico e B la dimensione minore della fondazione.

Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di B (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo r_γ del solo termine sul peso di volume ($0.5 B \gamma N_\gamma$) quando B supera i 2 m.

$$r_\gamma = 1.0 - 0.25 \log (B / 2.0)$$

PROGETTAZIONE ATI:

Il termine sul peso di volume diventa:

$$0.5 B \gamma N_{\gamma} r_{\gamma}$$

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{\tan \phi_i \tan \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

Cedimenti della fondazione

Metodo Edometrico

Il metodo edometrico è il classico procedimento per il calcolo dei cedimenti in terreni a grana fina, proposto da Terzaghi negli anni '20.

L'ipotesi edometrica è verificata con approssimazione tanto migliore quanto più ridotto è il valore del rapporto tra lo spessore dello strato compressibile e la dimensione in pianta della fondazione.

PROGETTAZIONE ATI:

Tuttavia il metodo risulta dotato di ottima approssimazione anche nei casi di strati deformabili di grande spessore.

L'implementazione del metodo è espressa secondo la seguente espressione:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_i}{E_{ed,i}} \Delta z_i$$

dove:

$\Delta \sigma$ è la tensione indotta nel terreno, alla profondità z , dalla pressione di contatto della fondazione;

E_{ed} è il modulo elastico determinato attraverso la prova edometrica e relativa allo strato i -esimo;

Δz rappresenta lo spessore dello strato i -esimo in cui è stato suddiviso lo strato compressibile e per il quale si conosce il modulo elastico.

Lo spessore dello strato compressibile considerato nell'analisi dei cedimenti è stato determinato in funzione della percentuale della tensione di contatto.

11.3.1. VERIFICHE STRUTTURALI

Verifiche agli stati limite ultimi su strutture di fondazione e di elevazione.

Si verifica che sia $E_d \leq R_d$. Dove E_d è il valore di progetto delle azioni e R_d è la corrispondente resistenza di progetto.

Verifiche agli stati limite di esercizio

Verifiche a fessurazione – Stato limite di apertura delle fessure su strutture di fondazione ed elevazione

- $w_d < w_3 = 0.4$ mm per combinazione frequente (c.a. ordinarie, armatura poco sensibile);
- $w_d < w_2 = 0.3$ mm per combinazione quasi permanente (c.a. ordinarie, armatura poco sensibile);

Verifica delle tensioni di esercizio su strutture di fondazione ed elevazione

- $\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck} = 0.6 \cdot 29.1 = 17.4$ MPa per combinazione rara;
- $\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck} = 0.45 \cdot 29.1 = 13.1$ MPa per combinazione quasi permanente;
- $\sigma_s < 0.8 \cdot f_{yk} = 0.8 \cdot 450 = 360$ MPa per combinazione rara.

11.3.2. STRUMENTI DI CALCOLO

Le verifiche di seguito riportate sono state sviluppate con software di calcolo Max 15 sviluppato dalla Aztec Informatica. Come previsto al punto 10.2 delle norme tecniche di cui al D.M. 17.01.2018 l'affidabilità dei codici utilizzati sono stati verificati sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dai produttori stessi.

I software sono inoltre dotati di filtri e controlli di autodiagnostica che agiscono a vari livelli sia della definizione del modello che del calcolo vero e proprio.

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

I controlli vengono visualizzati, sotto forma di tabulati, di videate a colori o finestre di messaggi.

Tipo di analisi svolta

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

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del D.M. 17/07/2018.

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

11.4. VERIFICHE DEL MURO CON ALTEZZA PARI A 7.0M
Geometria muro
Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 10.00 [m]

Paramento

Materiale C32/40
 Altezza paramento 7.00 [m]
 Altezza paramento libero 7.00 [m]

Geometria gradoni

Simbologia adottata

n° indice gradone (a partire dall'alto)
 Bs, Bi Base superiore ed inferiore del gradone, espressa in [m]
 H altezza del gradone, espressa in [m]
 Ae, Ai inclinazione esterna ed interna del gradone espressa in [°]

n°	X	Bs	Bi	H	Ae	Ai
	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]
1	0.00	0.50	0.50	3.00	0.00	0.00
2	0.40	0.90	0.90	4.00	0.00	0.00

Fondazione

Materiale C32/40
 Lunghezza mensola di valle 0.55 [m]
 Lunghezza mensola di monte 4.80 [m]
 Lunghezza totale 6.25 [m]
 Inclinazione piano di posa 0.00 [°]
 Spessore 0.90 [m]

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Spessore magrone	0.15	[m]
<u>Sperone</u>		
Posizione	Centrale	
Distanza dal tacco della fondazione	4.80	[m]
Altezza	1.10	[m]
Spessore	0.90	[m]

Descrizione terreni
Parametri di resistenza
Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [MPa]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [MPa]
<u>Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix</u>	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ_l	Tensione tangenziale limite, espressa in [MPa]

n°	Descr	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c	c_a	Cesp	τ_l	
		[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[MPa]	[MPa]		[MPa]	
1	Rilevato	20.0000	20.0000	30.000	20.000	0.000	0.000	---	---	
2	Terreno di sito	19.0000	19.0000	22.000	14.670	0.015	0.000	---	---	

Parametri di deformabilità
Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
E	Modulo elastico, espresso in [MPa]
ν	Coeff. di Poisson
Ed	Modulo edometrico, espresso in [MPa]
CR	Rapporto di compressione
RR	Rapporto di ricomprensione
OCR	Grado di sovraconsolidazione

n°	Descr	E	ν	Ed	CR	RR	OCR
		[MPa]		[MPa]			
1	Rilevato	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
2	Terreno di sito	0.000	0.000	10.000	0.000	0.000	1.000

Stratigrafia
Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
<u>Per calcolo pali (solo se presenti)</u>	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')
 Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H	α	Terreno	Kw	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
	[m]	[°]		[Kg/cm ²]				
1	3.00	0.000	Rilevato	---	---	---	---	---
2	10.00	0.000	Terreno di sito	---	---	---	---	---

Terreno di riempimento: Rilevato
 Inclinazione riempimento (rispetto alla verticale): 20.00 [°]

PROGETTAZIONE ATI:

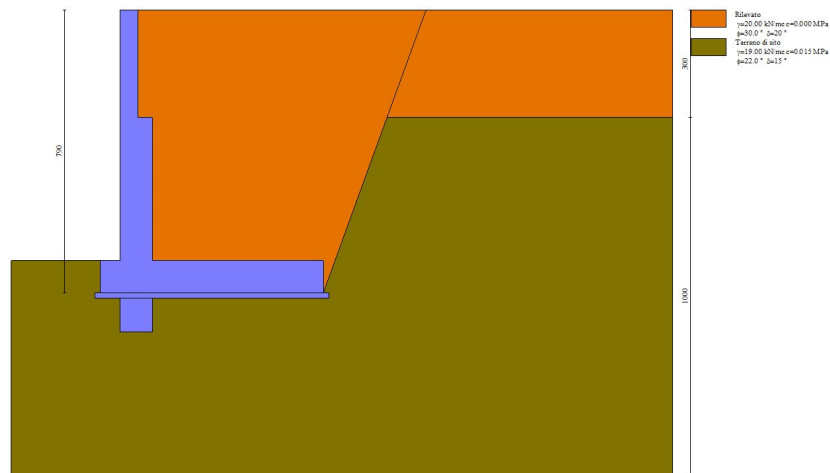


Figura 31: Stratigrafia

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F _x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F _y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X _i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X _f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q _i	Intensità del carico per x=X _i espressa in [kN]
Q _f	Intensità del carico per x=X _f espressa in [kN]

Condizione n° 1 (Condizione 1) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.70$ - $\Psi_1=0.50$ - $\Psi_2=0.30$

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	F _x	F _y	M	X _i	X _f	Q _i	Q _f
		[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito					0.00	5.00	5.0000	5.0000

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\varphi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Descrizione combinazioni di carico

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

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

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff. $\Psi_{0,j}$, $\Psi_{1,j}$, $\Psi_{2,j}$ sono definiti nelle singole condizioni variabili. I valori dei coeff. γ_G e γ_Q , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione
 Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.30	Sfavorevole

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO
Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.30	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.15	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.30	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.30	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.30	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.30	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
------------	----------	--------	---------

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.50	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.30	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.30	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.30	Sfavorevole

Dati sismici

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	2.250	0.903
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.229	0.092
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.458	2.419
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.345	0.311
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	C	1.362	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T1	1.000	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.380	11.871	5.935
Ultimo - Ribaltamento	0.570	17.806	8.903
Esercizio	0.470	6.489	3.245

 Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**
Opzioni di calcolo
Spinta

Metodo di calcolo della spinta

Culmann

Tipo di spinta

Spinta attiva

Terreno a bassa permeabilità

NO

Superficie di spinta limitata

NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza

Meyerhof

Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)

Ponderata

Criterio di riduzione per eccentricità della portanza

Meyerhof

Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)

Nessuna

 Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ($0.5B\gamma N_{\gamma}$)

Larghezza ridotta (B')

Fattori di forma e inclinazione del carico

Solo i fattori di inclinazione

Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale

Bishop

Altro

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Metodo di calcolo delle tensioni	Boussinesq
Metodo di calcolo dei cedimenti	Edometrico
Profondità calcolo cedimenti	Automatica
ΔH massimo suddivisione strati	1.00 [m]

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU)

	SLU	Eccezionale
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50	1.00
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15	1.00
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00	1.00

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)
Paramento e fondazione muro

Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD SI

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	SI

Verifica a fessurazione

Sensibilità armatura	Poco sensibile
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2018 - CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Valori limite aperture delle fessure:

$$w_1=0.20$$

$$w_2=0.30$$

$$w_3=0.40$$

Verifica delle tensioni

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	0.60 f_{ck}	0.80 f_{yk}
Frequente	1.00 f_{ck}	1.00 f_{yk}
Quasi permanente	0.45 f_{ck}	1.00 f_{yk}

Risultati per inviluppo
Spinta e forze
Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
C _x , C _y	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
P _x , P _y	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V	I	C _x	C _y	P _x	P _y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
1	Spinta statica	219.39	20.00	206.16	75.04	5.20	-5.13
	Peso/Inerzia muro			0.00	287.22/0.00	0.94	-6.02
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	723.00/0.00	2.71	-3.43

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Ic	A	V	I	C _x	C _y	P _x	P _y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
	Resistenza passiva sperone			-62.27			
2	Spinta statica	155.27	20.00	145.90	53.10	5.20	-4.91
	Incremento di spinta sismica		60.85	57.18	20.81	5.20	-5.27
	Peso/Inerzia muro			34.09	287.22/17.05	0.94	-6.02
	Peso/Inerzia terrapieno			83.33	702.00/41.67	2.71	-3.43
	Resistenza passiva sperone			-77.84			

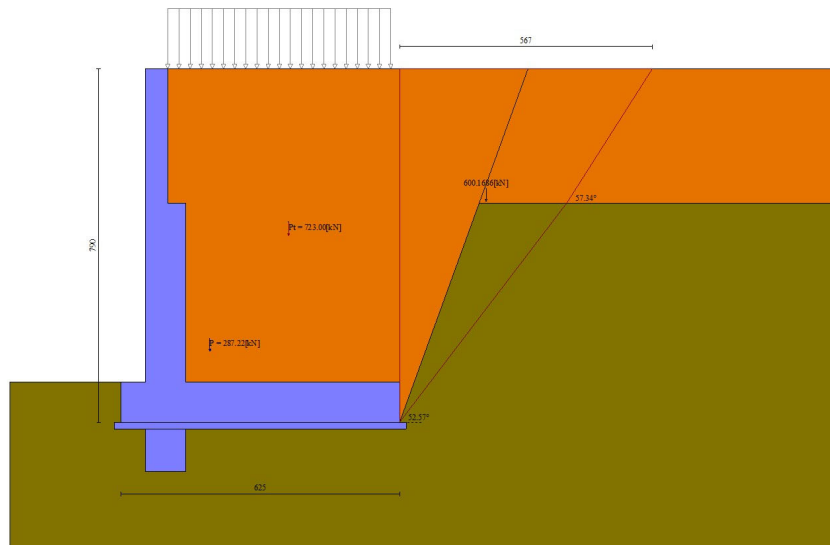


Figura 32: Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

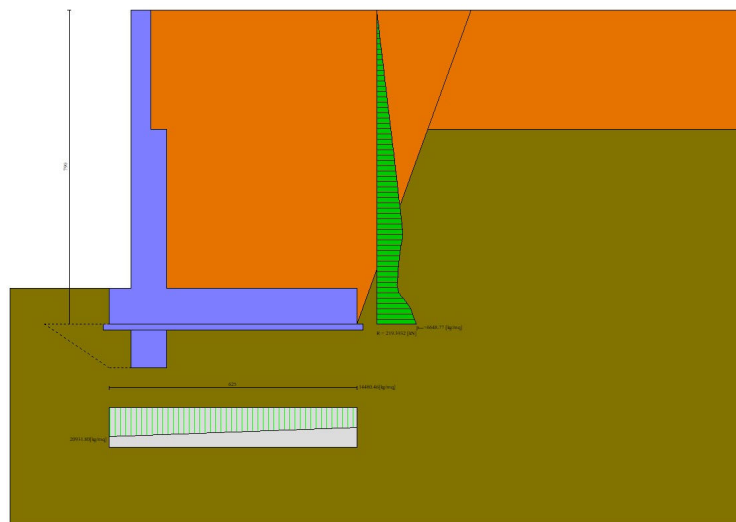


Figura 33: Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

PROGETTAZIONE ATI:

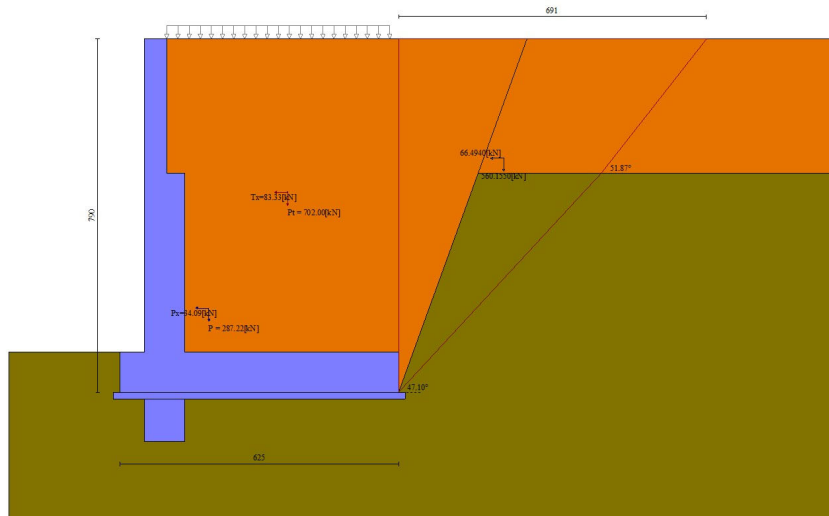


Figura 34: Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

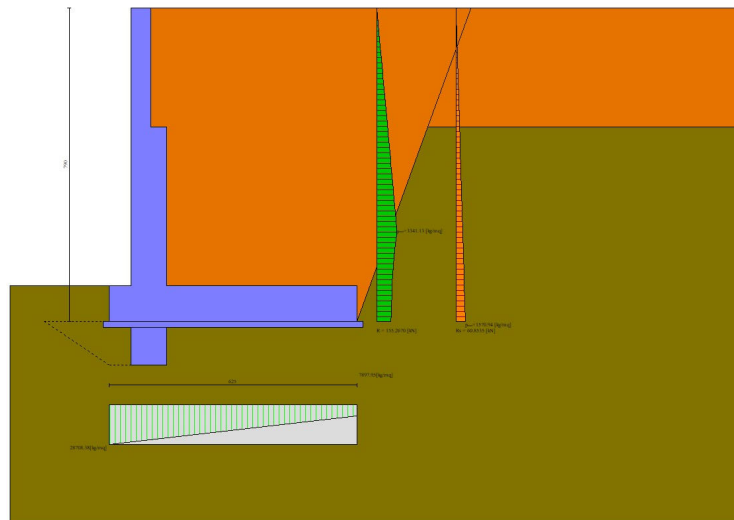


Figura 35: Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

Risultanti globali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M _r	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M _s	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M _r [kNm]	M _s [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	1085.25	206.16	571.96	3757.43	0.190
2 - STR (A1-M1-R3)	1121.85	320.51	1023.16	3864.59	0.592

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Ic	N	T	M_r	M_s	ecc
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[m]
3 - STR (A1-M1-R3)	994.89	294.32	1144.83	3614.38	0.643
4 - GEO (A2-M2-R2)	1062.52	193.35	542.77	3625.76	0.223
5 - GEO (A2-M2-R2)	1121.85	320.51	1023.16	3864.59	0.592
6 - GEO (A2-M2-R2)	994.89	294.32	1144.83	3614.38	0.643
7 - EQU (A1-M1-R3)	1085.25	206.16	571.96	3757.43	0.190
8 - EQU (A1-M1-R3)	1164.65	416.16	1338.70	4043.93	0.802
9 - EQU (A1-M1-R3)	974.62	378.00	1524.17	3671.16	0.922
10 - SLER	1056.32	145.90	436.00	3594.86	0.135
11 - SLEF	1046.32	145.90	436.00	3558.44	0.141
12 - SLEQ	1042.32	145.90	436.00	3543.87	0.143
13 - SLEQ	1084.20	236.96	745.41	3709.20	0.391
14 - SLEQ	1014.85	222.81	812.36	3572.79	0.405

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{UPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS_{SCO}	FS_{RIB}	FS_{QLIM}	FS_{STAB}	FS_{HYD}	FS_{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.539		1.905			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.037		1.221			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.010		1.321			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.491		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.479		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.493		
7 - EQU (A1-M1-R3)			6.569				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.021				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.409				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	254.95	0.00	62.27	--	--	317.22	206.16	1.539
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	224.63	0.00	72.56	--	--	297.19	294.32	1.010

Dettagli verifica a scorrimento

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ncss	Carico sul cuneo di spinta passiva, espresso in [kN]
φ _{RP}	Angolo di rottura passivo, espresso in [°]
Nrpp	Carico residuo sul piano di posa, espresso in [kN]
Lr	Lunghezza base residua, espresso in [m]

n°	Ncss	φ_{RP}	Nrpp	Lr
	[kN]		[kN]	[m]
1	111.37	34.000	973.88	5.70

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	Ncss	ϕ_{Rp}	Nrpp	Lr
	[kN]		[kN]	[m]
3	136.82	34.000	858.07	5.70

Verifica a carico limite
Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	1085.25	2067.45	1476.75	1.905
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1121.85	1370.25	1141.88	1.221

Dettagli calcolo portanza
Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidezza per punzonamento secondo Vesic
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_rN_r$ viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [MPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '-' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
1	16.883 7.821 4.066	0.775 0.775 0.261	1.055 1.027 1.027	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	0.826	0.876
2	16.883 7.821 4.066	0.677 0.677 0.076	1.055 1.027 1.027	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	0.692	0.876

n°	D	B'	H	γ	ϕ	c
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN/mc]	[MPa]
1	1.16	6.25	4.63	19.00	22.00	0.015
2	1.16	6.25	4.63	19.00	22.00	0.015

Verifica a ribaltamento
Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
7 - EQU (A1-M1-R3)	3757.43	571.96	6.569
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	3671.16	1524.17	2.409

Verifica stabilità globale muro + terreno

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO
Simbologia adottata

Ic	Indice/Tipo combinazione
C	Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
R	Raggio, espresso in [m]
FS	Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
4 - GEO (A2-M2-R2)	-1.00; 3.00	12.55	1.491
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-1.00; 4.50	13.87	1.479

Dettagli strisce verifiche stabilità
Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte	
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto	
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)	
W	peso della striscia espresso in [kN]
Qy	carico sulla striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]
Tx; Ty	Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [MPa]

n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[MPa]	[MPa]	[kN]
1	17.71	0.00	11.20 - 0.79	70.517	24.791	0.000	0.0000	
2	46.86	0.00	0.79	61.538	24.791	0.000	0.0000	
3	66.38	0.00	0.79	54.621	17.912	0.012	0.0000	
4	81.56	0.00	0.79	48.756	17.912	0.012	0.0000	
5	94.00	0.00	0.79	43.521	17.912	0.012	0.0000	
6	104.82	0.00	0.79	38.711	17.912	0.012	0.0000	
7	115.28	0.00	0.79	34.209	17.912	0.012	0.0000	
8	122.43	0.63	0.79	29.938	17.912	0.012	0.0000	
9	134.44	3.64	0.79	25.844	17.912	0.012	0.0000	
10	139.99	3.64	0.79	21.887	17.912	0.012	0.0000	
11	144.55	3.64	0.79	18.039	17.912	0.012	0.0000	
12	148.19	3.64	0.79	14.273	17.912	0.012	0.0000	
13	150.95	3.64	0.79	10.569	17.912	0.012	0.0000	
14	159.49	3.64	0.79	6.910	17.912	0.012	0.0000	
15	149.92	0.52	0.79	3.279	17.912	0.012	0.0000	
16	41.78	0.00	0.79	-0.339	17.912	0.012	0.0000	
17	39.80	0.00	0.79	-3.958	17.912	0.012	0.0000	
18	38.53	0.00	0.79	-7.593	17.912	0.012	0.0000	
19	36.45	0.00	0.79	-11.260	17.912	0.012	0.0000	
20	33.52	0.00	0.79	-14.974	17.912	0.012	0.0000	
21	29.72	0.00	0.79	-18.753	17.912	0.012	0.0000	
22	24.98	0.00	0.79	-22.620	17.912	0.012	0.0000	
23	19.23	0.00	0.79	-26.600	17.912	0.012	0.0000	
24	12.37	0.00	0.79	-30.724	17.912	0.012	0.0000	
25	4.25	0.00	-8.59 - 0.79	-34.590	17.912	0.012	0.0000	

n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[MPa]	[MPa]	[kN]
1	16.07	0.00	12.13 - 0.84	66.484	30.000	0.000	0.0000	
2	43.79	0.00	0.84	59.065	30.000	0.000	0.0000	
3	63.99	0.00	0.84	52.843	22.000	0.015	0.0000	
4	79.99	0.00	0.84	47.430	22.000	0.015	0.0000	
5	93.32	0.00	0.84	42.532	22.000	0.015	0.0000	
6	104.60	0.00	0.84	37.996	22.000	0.015	0.0000	
7	114.91	0.00	0.84	33.727	22.000	0.015	0.0000	
8	125.03	0.00	0.84	29.663	22.000	0.015	0.0000	
9	132.47	0.47	0.84	25.757	22.000	0.015	0.0000	
10	143.21	1.00	0.84	21.977	22.000	0.015	0.0000	
11	148.34	1.00	0.84	18.295	22.000	0.015	0.0000	
12	152.49	1.00	0.84	14.690	22.000	0.015	0.0000	
13	155.70	1.00	0.84	11.144	22.000	0.015	0.0000	
14	158.02	1.00	0.84	7.641	22.000	0.015	0.0000	
15	183.70	0.51	0.84	4.167	22.000	0.015	0.0000	

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[MPa]	[MPa]	[kN]
16	52.10	0.00	0.84	0.708	22.000	0.015	0.0000	
17	39.33	0.00	0.84	-2.749	22.000	0.015	0.0000	
18	38.23	0.00	0.84	-6.215	22.000	0.015	0.0000	
19	36.27	0.00	0.84	-9.705	22.000	0.015	0.0000	
20	33.43	0.00	0.84	-13.231	22.000	0.015	0.0000	
21	29.68	0.00	0.84	-16.810	22.000	0.015	0.0000	
22	24.95	0.00	0.84	-20.458	22.000	0.015	0.0000	
23	19.20	0.00	0.84	-24.195	22.000	0.015	0.0000	
24	12.33	0.00	0.84	-28.045	22.000	0.015	0.0000	
25	4.23	0.00	-8.77 - 0.84	-31.606	22.000	0.015	0.0000	

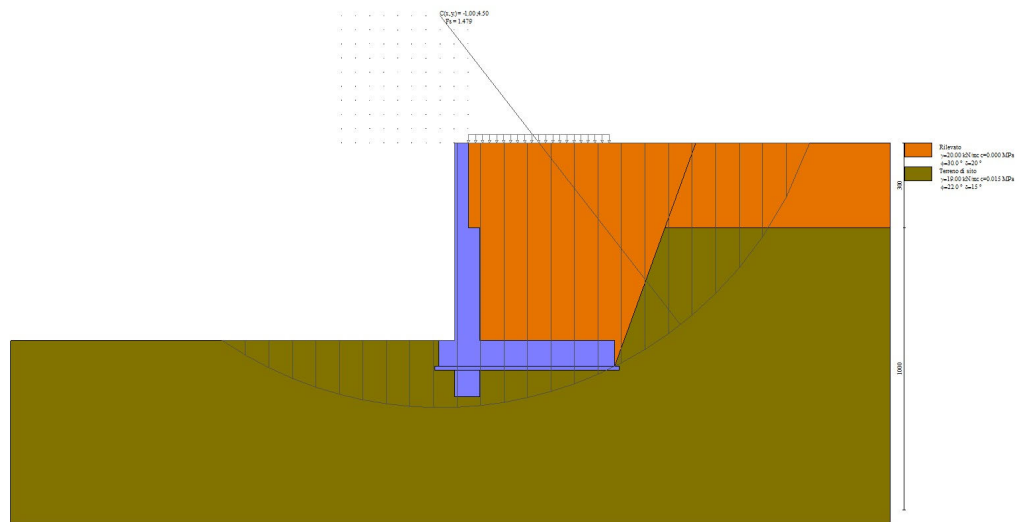


Figura 36: Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 5)

Cedimenti

Simbologia adottata

Ic	Indice combinazione
X, Y	Punto di calcolo del cedimento, espressa in [m]
w	Cedimento, espressa in [cm]
dw	Cedimento differenziale, espressa in [cm]

Ic	X; Y	w	dw
	[m]	[cm]	[cm]
10	-1.05; -7.90	8.428	0.776
10	2.08; -7.90	12.176	4.523
10	5.20; -7.90	7.653	0.000

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	X	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.23	1.23	0.06	0.23	0.00	0.01
3	-0.20	2.45	2.45	0.18	0.54	0.01	0.05
4	-0.30	3.68	3.68	0.35	0.95	0.04	0.12
5	-0.40	4.90	4.90	0.58	1.46	0.09	0.24
6	-0.50	6.13	6.13	0.87	2.05	0.16	0.42
7	-0.60	7.35	7.35	1.21	2.74	0.26	0.66
8	-0.70	8.58	8.58	1.61	3.52	0.40	0.97
9	-0.80	9.80	9.80	2.06	4.39	0.59	1.36
10	-0.90	11.03	11.03	2.57	5.35	0.82	1.85
11	-1.00	12.25	12.25	3.13	6.41	1.10	2.43
12	-1.10	13.48	13.48	3.75	7.56	1.44	3.13
13	-1.20	14.71	14.71	4.43	8.80	1.85	3.95
14	-1.30	15.93	15.93	5.16	10.13	2.33	4.89
15	-1.40	17.16	17.16	5.94	11.56	2.88	5.98
16	-1.50	18.38	18.38	6.79	13.07	3.52	7.21
17	-1.60	19.61	19.61	7.69	14.68	4.24	8.59
18	-1.70	20.83	20.83	8.64	16.38	5.06	10.15
19	-1.80	22.06	22.06	9.65	18.18	5.97	11.87
20	-1.90	23.28	23.28	10.72	20.07	6.99	13.78
21	-2.00	24.51	24.51	11.84	22.04	8.12	15.89
22	-2.10	25.73	25.73	13.02	24.12	9.36	18.19
23	-2.20	26.96	26.96	14.25	26.28	10.72	20.71
24	-2.30	28.19	28.19	15.54	28.54	12.21	23.45
25	-2.40	29.41	29.41	16.89	30.88	13.83	26.42
26	-2.50	30.64	30.64	18.29	33.32	15.59	29.63
27	-2.60	31.86	31.86	19.75	35.86	17.49	33.09
28	-2.70	33.09	33.09	21.26	38.48	19.54	36.80
29	-2.80	34.31	34.31	22.83	41.20	21.74	40.78
30	-2.90	35.54	35.54	24.46	44.01	24.11	45.04
31	-3.00	36.76	36.76	26.14	46.91	26.63	49.59
32	-3.00	61.28	62.96	26.21	49.92	27.92	55.28
33	-3.10	63.48	65.16	30.71	55.79	30.78	60.58
34	-3.20	65.69	67.37	33.41	59.91	34.00	66.37
35	-3.30	67.90	69.58	35.26	63.20	37.43	72.53
36	-3.40	70.10	71.78	37.17	66.59	41.05	79.01
37	-3.50	72.31	73.99	39.13	70.08	44.87	85.85
38	-3.60	74.51	76.19	41.14	73.65	48.88	93.03
39	-3.70	76.72	78.40	43.22	77.32	53.10	100.57
40	-3.80	78.93	80.61	45.35	81.08	57.52	108.49
41	-3.90	81.13	82.81	47.53	84.93	62.17	116.79
42	-4.00	83.34	85.02	49.77	88.87	67.03	125.48
43	-4.10	85.54	87.22	52.07	92.91	72.12	134.56
44	-4.20	87.75	89.43	54.42	97.04	77.44	144.06
45	-4.30	89.96	91.64	56.83	101.26	83.00	153.97
46	-4.40	92.16	93.84	59.29	105.57	88.81	164.31
47	-4.50	94.37	96.05	61.81	109.98	94.86	175.08
48	-4.60	96.57	98.25	64.39	114.47	101.17	186.30
49	-4.70	98.78	100.46	67.02	119.06	107.74	197.97
50	-4.80	100.99	102.67	69.71	123.75	114.57	210.11
51	-4.90	103.19	104.87	72.45	128.52	121.67	222.72
52	-5.00	105.40	107.08	75.25	133.39	129.06	235.81
53	-5.10	107.60	109.28	78.10	138.35	136.72	249.39
54	-5.20	109.81	111.49	81.01	143.40	144.68	263.48
55	-5.30	112.02	113.70	83.98	148.55	152.92	278.07
56	-5.40	114.22	115.90	87.00	153.78	161.47	293.18
57	-5.50	116.43	118.11	90.08	159.11	170.32	308.82
58	-5.60	118.63	120.31	93.21	164.53	179.48	325.00
59	-5.70	120.84	122.52	96.40	170.05	188.96	341.72
60	-5.80	123.05	124.73	99.65	175.65	198.76	359.00
61	-5.90	125.25	126.93	102.95	181.35	208.89	376.85
62	-6.00	127.46	129.14	106.31	187.14	219.35	395.27
63	-6.10	129.66	131.34	109.72	193.02	230.15	414.27
64	-6.20	131.87	133.55	113.19	199.00	241.29	433.86
65	-6.30	134.07	135.75	116.72	205.06	252.78	454.06
66	-6.40	136.28	137.96	120.30	211.22	264.63	474.87
67	-6.50	138.49	140.17	123.93	217.48	276.84	496.30
68	-6.60	140.69	142.37	127.63	223.82	289.41	518.36
69	-6.70	142.90	144.58	131.37	230.26	302.36	541.05
70	-6.80	145.10	146.78	135.17	236.78	315.68	564.40

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	X	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
71	-6.90	147.31	148.99	139.02	243.38	329.39	588.40
72	-7.00	149.52	151.20	142.91	250.08	343.48	613.07

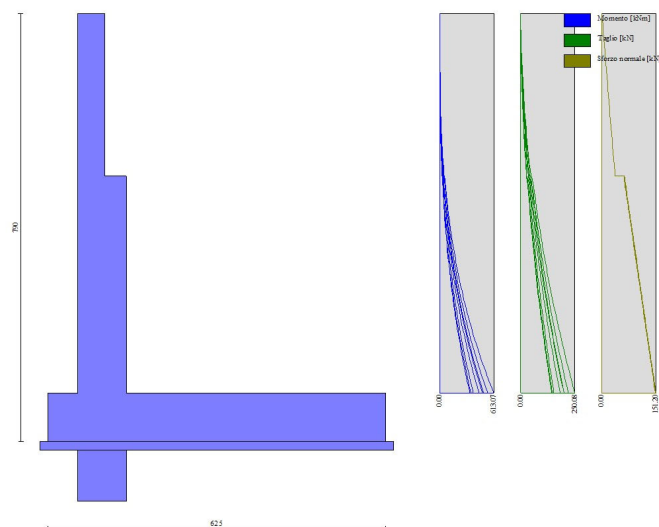


Figura 37: Paramento

Fondazione

n°	X	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1	-1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.96	0.00	0.00	15.34	23.65	0.70	1.09
3	-0.87	0.00	0.00	30.61	47.02	2.81	4.33
4	-0.78	0.00	0.00	45.83	70.12	6.31	9.70
5	-0.68	0.00	0.00	60.98	92.94	11.21	17.17
6	-0.59	0.00	0.00	76.07	115.50	17.49	26.73
7	-0.50	0.00	0.00	91.10	137.77	25.15	38.34
8	0.40	0.00	0.00	-206.11	-8.48	-598.65	-86.88
9	0.50	0.00	0.00	-204.17	-10.03	-585.53	-85.83
10	0.60	0.00	0.00	-202.13	-11.50	-571.95	-84.64
11	0.70	0.00	0.00	-199.99	-12.89	-557.95	-83.32
12	0.80	0.00	0.00	-197.75	-14.22	-543.56	-81.87
13	0.90	0.00	0.00	-195.41	-15.47	-528.81	-80.31
14	1.00	0.00	0.00	-192.96	-16.64	-513.73	-78.63
15	1.10	0.00	0.00	-190.42	-17.75	-498.35	-76.85
16	1.20	0.00	0.00	-187.77	-18.78	-482.71	-74.97
17	1.30	0.00	0.00	-185.02	-19.73	-466.83	-73.00
18	1.40	0.00	0.00	-182.18	-20.53	-450.75	-70.95
19	1.50	0.00	0.00	-179.23	-21.26	-434.50	-68.82
20	1.60	0.00	0.00	-176.17	-21.92	-418.11	-66.62
21	1.70	0.00	0.00	-173.02	-22.51	-401.61	-64.36
22	1.80	0.00	0.00	-169.77	-23.03	-385.03	-62.04
23	1.90	0.00	0.00	-166.41	-23.48	-368.41	-59.67
24	2.00	0.00	0.00	-166.21	-23.87	-351.77	-57.26
25	2.10	0.00	0.00	-165.88	-24.18	-335.15	-54.82
26	2.20	0.00	0.00	-165.24	-24.42	-318.58	-52.35
27	2.30	0.00	0.00	-164.28	-24.59	-302.09	-49.86
28	2.40	0.00	0.00	-163.01	-24.70	-285.71	-47.35
29	2.50	0.00	0.00	-161.42	-24.73	-269.47	-44.84
30	2.60	0.00	0.00	-159.52	-24.69	-253.41	-42.33
31	2.70	0.00	0.00	-157.30	-24.58	-237.56	-39.83

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	X	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
32	2.80	0.00	0.00	-154.77	-24.41	-221.94	-37.34
33	2.90	0.00	0.00	-151.93	-24.16	-206.59	-34.87
34	3.00	0.00	0.00	-148.77	-23.84	-191.54	-32.43
35	3.10	0.00	0.00	-145.30	-23.46	-176.82	-30.02
36	3.20	0.00	0.00	-141.51	-23.00	-162.47	-27.66
37	3.30	0.00	0.00	-137.41	-22.47	-148.51	-25.34
38	3.40	0.00	0.00	-132.99	-21.88	-134.97	-23.09
39	3.50	0.00	0.00	-128.26	-21.21	-121.89	-20.89
40	3.60	0.00	0.00	-123.22	-20.48	-109.30	-18.77
41	3.70	0.00	0.00	-117.86	-19.67	-97.24	-16.72
42	3.80	0.00	0.00	-112.19	-18.79	-85.72	-14.75
43	3.90	0.00	0.00	-106.20	-17.85	-74.78	-12.88
44	4.00	0.00	0.00	-99.90	-16.83	-64.47	-11.11
45	4.10	0.00	0.00	-93.28	-15.75	-54.79	-9.44
46	4.20	0.00	0.00	-86.35	-14.59	-45.80	-7.88
47	4.30	0.00	0.00	-79.11	-13.37	-37.51	-6.44
48	4.40	0.00	0.00	-71.55	-12.07	-29.96	-5.13
49	4.50	0.00	0.00	-63.67	-10.71	-23.18	-3.95
50	4.60	0.00	0.00	-55.49	-9.27	-17.21	-2.91
51	4.70	0.00	0.00	-46.98	-7.77	-12.07	-2.02
52	4.80	0.00	0.00	-38.17	-6.20	-7.80	-1.28
53	4.90	0.00	0.00	-29.04	-4.55	-4.43	-0.70
54	5.00	0.00	0.00	-19.59	-2.84	-1.98	-0.29
55	5.10	0.00	0.00	-9.95	-1.45	-0.50	-0.07
56	5.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

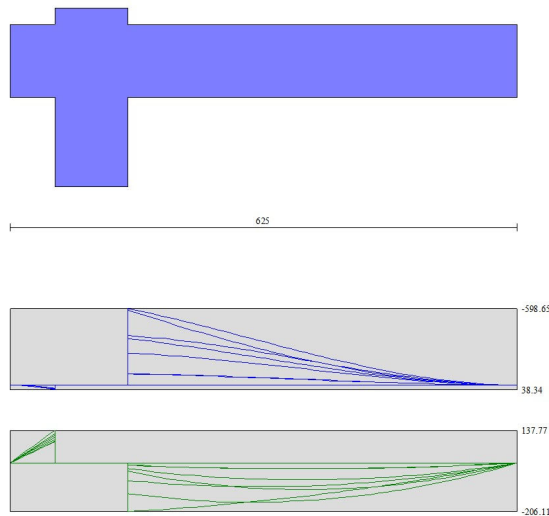


Figura 38: Fondazione

Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori espressa in [cmq]
Afs	area ferri superiori espressa in [cmq]

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

M momento agente espressa in [kNm]
 N sforzo normale agente espressa in [kN]
 Mu momento ultimi espresso in [kNm]
 Nu sforzo normale ultimo espressa in [kN]
 FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	100	50	8.04	8.04	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000
2	100	50	8.04	8.04	0.01	1.23	68.49	8154.74	6654.533
3	100	50	8.04	8.04	0.04	2.45	132.90	8154.74	3327.266
4	100	50	8.04	8.04	0.10	3.68	223.74	8154.74	2218.178
5	100	50	8.04	8.04	0.24	4.90	389.00	7875.53	1606.670
6	100	50	8.04	8.04	0.42	6.13	489.43	7196.20	1174.466
7	100	50	8.04	8.04	0.66	7.35	574.60	6446.43	876.748
8	100	50	8.04	16.08	0.97	8.58	648.67	5752.61	670.616
9	100	50	8.04	16.08	1.36	9.80	702.97	5061.10	516.252
10	100	50	8.04	16.08	1.85	11.03	740.83	4421.84	400.929
11	100	50	8.04	16.08	2.43	12.25	753.12	3790.44	309.312
12	100	50	8.04	16.08	3.13	13.48	723.59	3114.20	231.026
13	100	50	8.04	16.08	3.95	14.71	677.85	2524.39	171.665
14	100	50	8.04	16.08	4.89	15.93	624.39	2032.49	127.583
15	100	50	8.04	16.08	5.98	17.16	571.66	1640.84	95.642
16	100	50	8.04	16.08	7.21	18.38	526.16	1341.92	73.004
17	100	50	8.04	16.08	8.59	19.61	486.20	1109.29	56.576
18	100	50	8.04	16.08	10.15	20.83	452.75	929.63	44.624
19	100	50	8.04	16.08	11.87	22.06	426.04	791.52	35.884
20	100	50	8.04	16.08	13.78	23.28	405.40	684.81	29.412
21	100	50	8.04	16.08	15.89	24.51	389.02	600.12	24.486
22	100	50	8.04	16.08	18.19	25.73	375.74	531.46	20.652
23	100	50	8.04	16.08	20.71	26.96	364.79	474.82	17.612
24	100	50	8.04	16.08	23.45	28.19	355.61	427.40	15.164
25	100	50	8.04	16.08	26.42	29.41	347.84	387.21	13.166
26	100	50	8.04	16.08	29.63	30.64	341.18	352.78	11.515
27	100	50	8.04	16.08	33.09	31.86	335.42	323.01	10.138
28	100	50	8.04	16.08	36.80	33.09	330.41	297.06	8.978
29	100	50	8.04	16.08	40.78	34.31	326.00	274.27	7.993
30	100	50	8.04	16.08	45.04	35.54	322.11	254.14	7.151
31	100	50	8.04	16.08	49.59	36.76	318.65	236.25	6.426
32	100	90	14.07	28.15	55.28	61.28	1510.15	1674.09	27.320
33	100	90	14.07	28.15	60.58	63.48	1457.90	1527.89	24.068
34	100	90	14.07	28.15	66.37	65.69	1410.89	1396.35	21.257
35	100	90	14.07	28.15	72.53	67.90	1370.32	1282.82	18.894
36	100	90	14.07	28.15	79.01	70.10	1335.23	1184.61	16.899
37	100	90	14.07	28.15	85.85	72.31	1304.58	1098.84	15.197
38	100	90	14.07	28.15	93.03	74.51	1277.58	1023.30	13.733
39	100	90	14.07	28.15	100.57	76.72	1253.63	956.28	12.465
40	100	90	14.07	28.15	108.49	78.93	1232.24	896.43	11.358
41	100	90	14.07	28.15	116.79	81.13	1213.03	842.67	10.386
42	100	90	14.07	28.15	125.48	83.34	1195.69	794.14	9.529
43	100	90	14.07	28.15	134.56	85.54	1179.95	750.12	8.769
44	100	90	14.07	28.15	144.06	87.75	1165.63	710.02	8.091
45	100	90	14.07	28.15	153.97	89.96	1152.52	673.36	7.485
46	100	90	14.07	28.15	164.31	92.16	1140.50	639.72	6.941
47	100	90	14.07	28.15	175.08	94.37	1129.44	608.76	6.451
48	100	90	14.07	28.15	186.30	96.57	1119.23	580.18	6.008
49	100	90	14.07	28.15	197.97	98.78	1109.77	553.73	5.606
50	100	90	14.07	28.15	210.11	100.99	1101.00	529.18	5.240
51	100	90	14.07	28.15	222.72	103.19	1092.18	506.03	4.904
52	100	90	14.07	28.15	235.81	105.40	1083.76	484.40	4.596
53	100	90	14.07	28.15	249.39	107.60	1075.92	464.22	4.314
54	100	90	14.07	28.15	263.48	109.81	1068.59	445.36	4.056
55	100	90	14.07	28.15	278.07	112.02	1061.72	427.70	3.818
56	100	90	14.07	28.15	293.18	114.22	1055.28	411.13	3.599
57	100	90	14.07	28.15	308.82	116.43	1049.23	395.57	3.398
58	100	90	14.07	28.15	325.00	118.63	1043.54	380.92	3.211
59	100	90	14.07	28.15	341.72	120.84	1038.17	367.12	3.038
60	100	90	14.07	28.15	359.00	123.05	1033.11	354.09	2.878

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
61	100	90	14.07	28.15	376.85	125.25	1028.32	341.78	2.729
62	100	90	14.07	28.15	395.27	127.46	1023.79	330.13	2.590
63	100	90	14.07	28.15	414.27	129.66	1019.50	319.10	2.461
64	100	90	14.07	28.15	433.86	131.87	1015.44	308.63	2.340
65	100	90	14.07	28.15	454.06	134.07	1011.57	298.70	2.228
66	100	90	14.07	28.15	474.87	136.28	1007.90	289.25	2.122
67	100	90	14.07	28.15	496.30	138.49	1004.41	280.27	2.024
68	100	90	14.07	28.15	518.36	140.69	1001.08	271.71	1.931
69	100	90	14.07	28.15	541.05	142.90	997.91	263.56	1.844
70	100	90	14.07	28.15	564.40	145.10	994.89	255.78	1.763
71	100	90	14.07	28.15	588.40	147.31	992.00	248.36	1.686
72	100	90	14.07	28.15	613.07	149.52	989.24	241.26	1.614

Fondazione

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	100	90	18.10	20.11	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000
2	100	90	18.10	20.11	1.09	0.00	580.11	0.00	534.195
3	100	90	18.10	20.11	4.33	0.00	580.11	0.00	134.066
4	100	90	18.10	20.11	9.70	0.00	580.11	0.00	59.817
5	100	90	18.10	20.11	17.17	0.00	580.11	0.00	33.778
6	100	90	18.10	20.11	26.73	0.00	580.11	0.00	21.703
7	100	90	18.10	20.11	38.34	0.00	580.11	0.00	15.131
8	100	90	18.10	20.11	-598.65	0.00	-643.57	0.00	1.075
9	100	90	18.10	20.11	-585.53	0.00	-643.57	0.00	1.099
10	100	90	18.10	20.11	-571.95	0.00	-643.57	0.00	1.125
11	100	90	18.10	20.11	-557.95	0.00	-643.57	0.00	1.153
12	100	90	18.10	20.11	-543.56	0.00	-643.57	0.00	1.184
13	100	90	18.10	20.11	-528.81	0.00	-643.57	0.00	1.217
14	100	90	18.10	20.11	-513.73	0.00	-643.57	0.00	1.253
15	100	90	18.10	20.11	-498.35	0.00	-643.57	0.00	1.291
16	100	90	18.10	20.11	-482.71	0.00	-643.57	0.00	1.333
17	100	90	18.10	20.11	-466.83	0.00	-643.57	0.00	1.379
18	100	90	18.10	20.11	-450.75	0.00	-643.57	0.00	1.428
19	100	90	18.10	20.11	-434.50	0.00	-643.57	0.00	1.481
20	100	90	18.10	20.11	-418.11	0.00	-643.57	0.00	1.539
21	100	90	18.10	20.11	-401.61	0.00	-643.57	0.00	1.602
22	100	90	18.10	20.11	-385.03	0.00	-643.57	0.00	1.671
23	100	90	18.10	20.11	-368.41	0.00	-643.57	0.00	1.747
24	100	90	18.10	20.11	-351.77	0.00	-643.57	0.00	1.830
25	100	90	18.10	20.11	-335.15	0.00	-643.57	0.00	1.920
26	100	90	18.10	20.11	-318.58	0.00	-643.57	0.00	2.020
27	100	90	18.10	20.11	-302.09	0.00	-643.57	0.00	2.130
28	100	90	18.10	20.11	-285.71	0.00	-643.57	0.00	2.253
29	100	90	18.10	20.11	-269.47	0.00	-643.57	0.00	2.388
30	100	90	18.10	20.11	-253.41	0.00	-643.57	0.00	2.540
31	100	90	18.10	20.11	-237.56	0.00	-643.57	0.00	2.709
32	100	90	18.10	20.11	-221.94	0.00	-643.57	0.00	2.900
33	100	90	18.10	20.11	-206.59	0.00	-643.57	0.00	3.115
34	100	90	18.10	20.11	-191.54	0.00	-643.57	0.00	3.360
35	100	90	18.10	20.11	-176.82	0.00	-643.57	0.00	3.640
36	100	90	18.10	20.11	-162.47	0.00	-643.57	0.00	3.961
37	100	90	18.10	20.11	-148.51	0.00	-643.57	0.00	4.334
38	100	90	18.10	20.11	-134.97	0.00	-643.57	0.00	4.768
39	100	90	18.10	20.11	-121.89	0.00	-643.57	0.00	5.280
40	100	90	18.10	20.11	-109.30	0.00	-643.57	0.00	5.888
41	100	90	18.10	20.11	-97.24	0.00	-643.57	0.00	6.619
42	100	90	18.10	20.11	-85.72	0.00	-643.57	0.00	7.508
43	100	90	18.10	20.11	-74.78	0.00	-643.57	0.00	8.606
44	100	90	18.10	20.11	-64.47	0.00	-643.57	0.00	9.983
45	100	90	18.10	20.11	-54.79	0.00	-643.57	0.00	11.746
46	100	90	18.10	20.11	-45.80	0.00	-643.57	0.00	14.053
47	100	90	18.10	20.11	-37.51	0.00	-643.57	0.00	17.158
48	100	90	18.10	20.11	-29.96	0.00	-643.57	0.00	21.481
49	100	90	18.10	20.11	-23.18	0.00	-643.57	0.00	27.759
50	100	90	18.10	20.11	-17.21	0.00	-643.57	0.00	37.391

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
51	100	90	18.10	20.11	-12.07	0.00	-643.57	0.00	53.304
52	100	90	18.10	20.11	-7.80	0.00	-643.57	0.00	82.495
53	100	90	18.10	20.11	-4.43	0.00	-643.57	0.00	145.394
54	100	90	18.10	20.11	-1.98	0.00	-643.57	0.00	324.996
55	100	90	18.10	20.11	-0.50	0.00	-643.57	0.00	1286.373
56	100	90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000

Sperone

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	100	90	14.07	8.04	235.16	0.00	453.53	0.00	1.929

Verifiche a taglio
Simbologia adottata

Is	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A _{sw}	area ferri a taglio espressa in [cmq]
cotgθ	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
V _{Rcd}	resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
V _{Rsd}	resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
V _{Rd}	resistenza di progetto a taglio espressa in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A _{sw} >0.0) V _{Rd} =min(V _{Rcd} , V _{Rsd}).
T	taglio agente espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	100	50	0.00	--	0.00	0.00	206.77	0.00	100.000
2	100	50	0.00	--	0.00	0.00	206.93	0.23	917.824
3	100	50	0.00	--	0.00	0.00	207.10	0.54	380.732
4	100	50	0.00	--	0.00	0.00	207.26	0.95	217.085
5	100	50	0.00	--	0.00	0.00	207.43	1.46	142.350
6	100	50	0.00	--	0.00	0.00	207.60	2.05	101.188
7	100	50	0.00	--	0.00	0.00	207.76	2.74	75.873
8	100	50	0.00	--	0.00	0.00	237.85	3.52	67.623
9	100	50	0.00	--	0.00	0.00	238.01	4.39	54.234
10	100	50	0.00	--	0.00	0.00	238.18	5.35	44.501
11	100	50	0.00	--	0.00	0.00	238.34	6.41	37.194
12	100	50	0.00	--	0.00	0.00	238.51	7.56	31.564
13	100	50	0.00	--	0.00	0.00	238.68	8.80	27.131
14	100	50	0.00	--	0.00	0.00	238.84	10.13	23.578
15	100	50	0.00	--	0.00	0.00	239.01	11.56	20.684
16	100	50	0.00	--	0.00	0.00	239.17	13.07	18.296
17	100	50	0.00	--	0.00	0.00	239.34	14.68	16.301
18	100	50	0.00	--	0.00	0.00	239.50	16.38	14.618
19	100	50	0.00	--	0.00	0.00	239.67	18.18	13.184
20	100	50	0.00	--	0.00	0.00	239.83	20.07	11.952
21	100	50	0.00	--	0.00	0.00	240.00	22.04	10.887
22	100	50	0.00	--	0.00	0.00	240.16	24.12	9.959
23	100	50	0.00	--	0.00	0.00	240.33	26.28	9.145
24	100	50	0.00	--	0.00	0.00	240.50	28.54	8.428
25	100	50	0.00	--	0.00	0.00	240.66	30.88	7.792
26	100	50	0.00	--	0.00	0.00	240.83	33.32	7.227
27	100	50	0.00	--	0.00	0.00	240.99	35.86	6.721
28	100	50	0.00	--	0.00	0.00	241.16	38.48	6.267
29	100	50	0.00	--	0.00	0.00	241.32	41.20	5.857
30	100	50	0.00	--	0.00	0.00	241.49	44.01	5.487
31	100	50	0.00	--	0.00	0.00	241.65	46.91	5.151
32	100	90	0.00	--	0.00	0.00	397.04	49.92	7.954
33	100	90	0.00	--	0.00	0.00	397.35	55.79	7.122
34	100	90	0.00	--	0.00	0.00	397.66	59.91	6.638

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
35	100	90	0.00	--	0.00	0.00	397.97	63.20	6.297
36	100	90	0.00	--	0.00	0.00	398.29	66.59	5.981
37	100	90	0.00	--	0.00	0.00	398.60	70.08	5.688
38	100	90	0.00	--	0.00	0.00	398.91	73.65	5.416
39	100	90	0.00	--	0.00	0.00	399.22	77.32	5.163
40	100	90	0.00	--	0.00	0.00	399.54	81.08	4.928
41	100	90	0.00	--	0.00	0.00	399.85	84.93	4.708
42	100	90	0.00	--	0.00	0.00	400.16	88.87	4.503
43	100	90	0.00	--	0.00	0.00	400.47	92.91	4.310
44	100	90	0.00	--	0.00	0.00	400.79	97.04	4.130
45	100	90	0.00	--	0.00	0.00	401.10	101.26	3.961
46	100	90	0.00	--	0.00	0.00	401.41	105.57	3.802
47	100	90	0.00	--	0.00	0.00	401.72	109.98	3.653
48	100	90	0.00	--	0.00	0.00	402.04	114.47	3.512
49	100	90	0.00	--	0.00	0.00	402.35	119.06	3.379
50	100	90	0.00	--	0.00	0.00	402.66	123.75	3.254
51	100	90	0.00	--	0.00	0.00	402.97	128.52	3.135
52	100	90	0.00	--	0.00	0.00	403.29	133.39	3.023
53	100	90	0.00	--	0.00	0.00	403.60	138.35	2.917
54	100	90	0.00	--	0.00	0.00	403.91	143.40	2.817
55	100	90	0.00	--	0.00	0.00	404.22	148.55	2.721
56	100	90	0.00	--	0.00	0.00	404.54	153.78	2.631
57	100	90	0.00	--	0.00	0.00	404.85	159.11	2.544
58	100	90	0.00	--	0.00	0.00	405.16	164.53	2.463
59	100	90	0.00	--	0.00	0.00	405.47	170.05	2.385
60	100	90	0.00	--	0.00	0.00	405.79	175.65	2.310
61	100	90	0.00	--	0.00	0.00	406.10	181.35	2.239
62	100	90	0.00	--	0.00	0.00	406.41	187.14	2.172
63	100	90	0.00	--	0.00	0.00	406.72	193.02	2.107
64	100	90	0.00	--	0.00	0.00	407.04	199.00	2.045
65	100	90	0.00	--	0.00	0.00	407.35	205.06	1.986
66	100	90	0.00	--	0.00	0.00	407.66	211.22	1.930
67	100	90	0.00	--	0.00	0.00	407.97	217.48	1.876
68	100	90	0.00	--	0.00	0.00	408.29	223.82	1.824
69	100	90	0.00	--	0.00	0.00	408.60	230.26	1.775
70	100	90	0.00	--	0.00	0.00	408.91	236.78	1.727
71	100	90	0.00	--	0.00	0.00	409.22	243.38	1.681
72	100	90	0.00	--	0.00	0.00	409.54	250.08	1.638

Fondazione

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	0.00	100.000
2	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-23.65	15.884
3	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-47.02	7.988
4	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-70.12	5.357
5	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-92.94	4.041
6	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-115.50	3.252
7	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-137.77	2.726
8	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-159.61	2.362
9	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-180.94	2.096
10	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-201.77	1.888
11	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-222.11	1.726
12	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-242.06	1.606
13	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-261.61	1.522
14	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-280.77	1.470
15	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-299.54	1.444
16	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-317.94	1.438
17	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-335.97	1.448
18	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-353.64	1.472
19	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-370.94	1.508
20	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-387.87	1.554
21	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-404.44	1.608
22	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-420.64	1.676
23	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-436.47	1.756
24	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-451.94	1.846
25	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-467.04	1.944

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
26	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-165.24	2.273
27	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-164.28	2.286
28	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-163.01	2.304
29	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-161.42	2.327
30	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-159.52	2.355
31	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-157.30	2.388
32	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-154.77	2.427
33	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-151.93	2.472
34	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-148.77	2.525
35	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-145.30	2.585
36	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-141.51	2.654
37	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-137.41	2.734
38	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-132.99	2.824
39	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-128.26	2.928
40	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-123.22	3.048
41	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-117.86	3.187
42	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-112.19	3.348
43	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-106.20	3.537
44	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-99.90	3.760
45	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-93.28	4.027
46	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-86.35	4.350
47	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-79.11	4.748
48	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-71.55	5.250
49	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-63.67	5.899
50	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-55.49	6.769
51	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-46.98	7.994
52	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-38.17	9.841
53	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-29.04	12.935
54	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-19.59	19.171
55	100	90	0.00	--	0.00	0.00	375.61	-9.95	37.736
56	100	90	0.00	--	0.00	0.00	313.48	0.00	100.000

Verifica delle tensioni
Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espressa in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
A _{fi}	area ferri inferiori, espressa in [cmq]
A _{fs}	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente, espressa in [kN]
σ _c	tensione di compressione nel cls, espressa in [MPa]
σ _{fi}	tensione nei ferri inferiori, espressa in [MPa]
σ _{fs}	tensione nei ferri superiori, espressa in [MPa]

Combinazioni SLER
Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	19.920	[MPa]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	360.000	[MPa]

n°	B	H	A _{fi}	A _{fs}	M	N	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	100	50	8.04	8.04	0.00	0.00	0.000 (10)	0.000 (10)	0.000 (10)
2	100	50	8.04	8.04	0.01	1.23	0.002 (10)	0.033 (10)	0.037 (10)
3	100	50	8.04	8.04	0.03	2.45	0.005 (10)	0.062 (10)	0.078 (10)
4	100	50	8.04	8.04	0.08	3.68	0.009 (10)	0.085 (10)	0.125 (10)
5	100	50	8.04	8.04	0.15	4.90	0.013 (10)	0.101 (10)	0.180 (10)
6	100	50	8.04	8.04	0.26	6.13	0.017 (10)	0.108 (10)	0.243 (10)
7	100	50	8.04	8.04	0.40	7.35	0.023 (10)	0.104 (10)	0.317 (10)
8	100	50	8.04	16.08	0.59	8.58	0.030 (10)	0.083 (10)	0.404 (10)
9	100	50	8.04	16.08	0.84	9.80	0.037 (10)	0.057 (10)	0.502 (10)

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
10	100	50	8.04	16.08	1.13	11.03	0.046 (10)	0.007 (10)	0.618 (10)
11	100	50	8.04	16.08	1.49	12.25	0.058 (10)	0.087 (10)	0.759 (10)
12	100	50	8.04	16.08	1.92	13.48	0.072 (10)	0.251 (10)	0.932 (10)
13	100	50	8.04	16.08	2.41	14.71	0.090 (10)	0.513 (10)	1.139 (10)
14	100	50	8.04	16.08	2.99	15.93	0.111 (10)	0.897 (10)	1.383 (10)
15	100	50	8.04	16.08	3.65	17.16	0.136 (10)	1.424 (10)	1.661 (10)
16	100	50	8.04	16.08	4.40	18.38	0.166 (10)	2.104 (10)	1.975 (10)
17	100	50	8.04	16.08	5.24	19.61	0.199 (10)	2.944 (10)	2.321 (10)
18	100	50	8.04	16.08	6.19	20.83	0.236 (10)	3.952 (10)	2.701 (10)
19	100	50	8.04	16.08	7.24	22.06	0.276 (10)	5.132 (10)	3.116 (10)
20	100	50	8.04	16.08	8.40	23.28	0.322 (10)	6.490 (10)	3.567 (10)
21	100	50	8.04	16.08	9.68	24.51	0.371 (10)	8.034 (10)	4.055 (10)
22	100	50	8.04	16.08	11.08	25.73	0.425 (10)	9.769 (10)	4.582 (10)
23	100	50	8.04	16.08	12.61	26.96	0.484 (10)	11.705 (10)	5.149 (10)
24	100	50	8.04	16.08	14.28	28.19	0.547 (10)	13.847 (10)	5.758 (10)
25	100	50	8.04	16.08	16.08	29.41	0.616 (10)	16.205 (10)	6.412 (10)
26	100	50	8.04	16.08	18.03	30.64	0.690 (10)	18.786 (10)	7.111 (10)
27	100	50	8.04	16.08	20.13	31.86	0.769 (10)	21.597 (10)	7.858 (10)
28	100	50	8.04	16.08	22.39	33.09	0.854 (10)	24.648 (10)	8.654 (10)
29	100	50	8.04	16.08	24.81	34.31	0.946 (10)	27.947 (10)	9.502 (10)
30	100	50	8.04	16.08	27.39	35.54	1.043 (10)	31.502 (10)	10.403 (10)
31	100	50	8.04	16.08	30.15	36.76	1.146 (10)	35.320 (10)	11.359 (10)
32	100	90	14.07	28.15	31.16	62.40	0.347 (10)	5.531 (10)	4.575 (10)
33	100	90	14.07	28.15	34.47	64.60	0.384 (10)	6.602 (10)	5.036 (10)
34	100	90	14.07	28.15	38.37	66.81	0.428 (10)	7.940 (10)	5.575 (10)
35	100	90	14.07	28.15	42.53	69.02	0.474 (10)	9.407 (10)	6.145 (10)
36	100	90	14.07	28.15	46.89	71.22	0.523 (10)	10.974 (10)	6.737 (10)
37	100	90	14.07	28.15	51.45	73.43	0.573 (10)	12.641 (10)	7.351 (10)
38	100	90	14.07	28.15	56.22	75.63	0.626 (10)	14.410 (10)	7.989 (10)
39	100	90	14.07	28.15	61.20	77.84	0.681 (10)	16.281 (10)	8.652 (10)
40	100	90	14.07	28.15	66.39	80.05	0.738 (10)	18.255 (10)	9.339 (10)
41	100	90	14.07	28.15	71.81	82.25	0.797 (10)	20.335 (10)	10.052 (10)
42	100	90	14.07	28.15	77.46	84.46	0.858 (10)	22.523 (10)	10.792 (10)
43	100	90	14.07	28.15	83.35	86.66	0.922 (10)	24.820 (10)	11.559 (10)
44	100	90	14.07	28.15	89.47	88.87	0.989 (10)	27.228 (10)	12.354 (10)
45	100	90	14.07	28.15	95.84	91.08	1.057 (10)	29.750 (10)	13.178 (10)
46	100	90	14.07	28.15	102.46	93.28	1.129 (10)	32.388 (10)	14.031 (10)
47	100	90	14.07	28.15	109.34	95.49	1.203 (10)	35.145 (10)	14.914 (10)
48	100	90	14.07	28.15	116.48	97.69	1.280 (10)	38.022 (10)	15.829 (10)
49	100	90	14.07	28.15	123.89	99.90	1.359 (10)	41.023 (10)	16.775 (10)
50	100	90	14.07	28.15	131.57	102.11	1.441 (10)	44.148 (10)	17.753 (10)
51	100	90	14.07	28.15	139.53	104.31	1.527 (10)	47.402 (10)	18.764 (10)
52	100	90	14.07	28.15	147.78	106.52	1.615 (10)	50.787 (10)	19.808 (10)
53	100	90	14.07	28.15	156.32	108.72	1.706 (10)	54.304 (10)	20.887 (10)
54	100	90	14.07	28.15	165.15	110.93	1.800 (10)	57.956 (10)	22.001 (10)
55	100	90	14.07	28.15	174.28	113.14	1.897 (10)	61.746 (10)	23.151 (10)
56	100	90	14.07	28.15	183.72	115.34	1.997 (10)	65.677 (10)	24.337 (10)
57	100	90	14.07	28.15	193.48	117.55	2.101 (10)	69.750 (10)	25.560 (10)
58	100	90	14.07	28.15	203.55	119.75	2.208 (10)	73.969 (10)	26.820 (10)
59	100	90	14.07	28.15	213.95	121.96	2.318 (10)	78.335 (10)	28.119 (10)
60	100	90	14.07	28.15	224.67	124.17	2.432 (10)	82.852 (10)	29.457 (10)
61	100	90	14.07	28.15	235.73	126.37	2.549 (10)	87.521 (10)	30.835 (10)
62	100	90	14.07	28.15	247.14	128.58	2.669 (10)	92.346 (10)	32.253 (10)
63	100	90	14.07	28.15	258.88	130.78	2.793 (10)	97.329 (10)	33.712 (10)
64	100	90	14.07	28.15	270.98	132.99	2.921 (10)	102.472 (10)	35.213 (10)
65	100	90	14.07	28.15	283.44	135.19	3.053 (10)	107.778 (10)	36.756 (10)
66	100	90	14.07	28.15	296.26	137.40	3.188 (10)	113.249 (10)	38.343 (10)
67	100	90	14.07	28.15	309.45	139.61	3.327 (10)	118.888 (10)	39.973 (10)
68	100	90	14.07	28.15	323.01	141.81	3.470 (10)	124.698 (10)	41.647 (10)
69	100	90	14.07	28.15	336.96	144.02	3.616 (10)	130.680 (10)	43.367 (10)
70	100	90	14.07	28.15	351.29	146.22	3.767 (10)	136.838 (10)	45.132 (10)
71	100	90	14.07	28.15	366.00	148.43	3.922 (10)	143.173 (10)	46.943 (10)
72	100	90	14.07	28.15	381.12	150.64	4.080 (10)	149.688 (10)	48.801 (10)

Fondazione

 Tensione massima di compressione nel calcestruzzo
 Tensione massima di trazione dell'acciaio

 19.920 [MPa]
 360.000 [MPa]

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	100	90	18.10	20.11	0.00	0.00	0.000 (10)	0.000 (10)	0.000 (10)
2	100	90	18.10	20.11	0.71	0.00	0.008 (10)	0.493 (10)	0.088 (10)
3	100	90	18.10	20.11	2.83	0.00	0.033 (10)	1.969 (10)	0.353 (10)
4	100	90	18.10	20.11	6.36	0.00	0.075 (10)	4.424 (10)	0.794 (10)
5	100	90	18.10	20.11	11.29	0.00	0.133 (10)	7.855 (10)	1.409 (10)
6	100	90	18.10	20.11	17.62	0.00	0.207 (10)	12.257 (10)	2.199 (10)
7	100	90	18.10	20.11	25.33	0.00	0.297 (10)	17.628 (10)	3.163 (10)
8	100	90	18.10	20.11	-86.88	0.00	0.992 (10)	10.792 (10)	54.611 (10)
9	100	90	18.10	20.11	-85.83	0.00	0.980 (10)	10.662 (10)	53.952 (10)
10	100	90	18.10	20.11	-84.64	0.00	0.966 (10)	10.514 (10)	53.205 (10)
11	100	90	18.10	20.11	-83.32	0.00	0.951 (10)	10.350 (10)	52.374 (10)
12	100	90	18.10	20.11	-81.87	0.00	0.935 (10)	10.170 (10)	51.465 (10)
13	100	90	18.10	20.11	-80.31	0.00	0.917 (10)	9.976 (10)	50.481 (10)
14	100	90	18.10	20.11	-78.63	0.00	0.898 (10)	9.767 (10)	49.427 (10)
15	100	90	18.10	20.11	-76.85	0.00	0.877 (10)	9.546 (10)	48.307 (10)
16	100	90	18.10	20.11	-74.97	0.00	0.856 (10)	9.313 (10)	47.126 (10)
17	100	90	18.10	20.11	-73.00	0.00	0.834 (10)	9.068 (10)	45.888 (10)
18	100	90	18.10	20.11	-70.95	0.00	0.810 (10)	8.813 (10)	44.597 (10)
19	100	90	18.10	20.11	-68.82	0.00	0.786 (10)	8.549 (10)	43.258 (10)
20	100	90	18.10	20.11	-66.62	0.00	0.761 (10)	8.275 (10)	41.876 (10)
21	100	90	18.10	20.11	-64.36	0.00	0.735 (10)	7.994 (10)	40.454 (10)
22	100	90	18.10	20.11	-62.04	0.00	0.708 (10)	7.706 (10)	38.997 (10)
23	100	90	18.10	20.11	-59.67	0.00	0.681 (10)	7.412 (10)	37.509 (10)
24	100	90	18.10	20.11	-57.26	0.00	0.654 (10)	7.113 (10)	35.996 (10)
25	100	90	18.10	20.11	-54.82	0.00	0.626 (10)	6.810 (10)	34.460 (10)
26	100	90	18.10	20.11	-52.35	0.00	0.598 (10)	6.503 (10)	32.907 (10)
27	100	90	18.10	20.11	-49.86	0.00	0.569 (10)	6.194 (10)	31.341 (10)
28	100	90	18.10	20.11	-47.35	0.00	0.541 (10)	5.882 (10)	29.766 (10)
29	100	90	18.10	20.11	-44.84	0.00	0.512 (10)	5.570 (10)	28.188 (10)
30	100	90	18.10	20.11	-42.33	0.00	0.483 (10)	5.258 (10)	26.609 (10)
31	100	90	18.10	20.11	-39.83	0.00	0.455 (10)	4.947 (10)	25.035 (10)
32	100	90	18.10	20.11	-37.34	0.00	0.426 (10)	4.638 (10)	23.469 (10)
33	100	90	18.10	20.11	-34.87	0.00	0.398 (10)	4.331 (10)	21.917 (10)
34	100	90	18.10	20.11	-32.43	0.00	0.370 (10)	4.028 (10)	20.383 (10)
35	100	90	18.10	20.11	-30.02	0.00	0.343 (10)	3.729 (10)	18.871 (10)
36	100	90	18.10	20.11	-27.66	0.00	0.316 (10)	3.436 (10)	17.385 (10)
37	100	90	18.10	20.11	-25.34	0.00	0.289 (10)	3.148 (10)	15.931 (10)
38	100	90	18.10	20.11	-23.09	0.00	0.264 (10)	2.868 (10)	14.511 (10)
39	100	90	18.10	20.11	-20.89	0.00	0.239 (10)	2.595 (10)	13.131 (10)
40	100	90	18.10	20.11	-18.77	0.00	0.214 (10)	2.331 (10)	11.796 (10)
41	100	90	18.10	20.11	-16.72	0.00	0.191 (10)	2.077 (10)	10.508 (10)
42	100	90	18.10	20.11	-14.75	0.00	0.168 (10)	1.833 (10)	9.274 (10)
43	100	90	18.10	20.11	-12.88	0.00	0.147 (10)	1.600 (10)	8.097 (10)
44	100	90	18.10	20.11	-11.11	0.00	0.127 (10)	1.380 (10)	6.981 (10)
45	100	90	18.10	20.11	-9.44	0.00	0.108 (10)	1.172 (10)	5.932 (10)
46	100	90	18.10	20.11	-7.88	0.00	0.090 (10)	0.979 (10)	4.953 (10)
47	100	90	18.10	20.11	-6.44	0.00	0.074 (10)	0.800 (10)	4.048 (10)
48	100	90	18.10	20.11	-5.13	0.00	0.059 (10)	0.637 (10)	3.223 (10)
49	100	90	18.10	20.11	-3.95	0.00	0.045 (10)	0.490 (10)	2.482 (10)
50	100	90	18.10	20.11	-2.91	0.00	0.033 (10)	0.361 (10)	1.828 (10)
51	100	90	18.10	20.11	-2.02	0.00	0.023 (10)	0.250 (10)	1.267 (10)
52	100	90	18.10	20.11	-1.28	0.00	0.015 (10)	0.159 (10)	0.802 (10)
53	100	90	18.10	20.11	-0.70	0.00	0.008 (10)	0.087 (10)	0.439 (10)
54	100	90	18.10	20.11	-0.29	0.00	0.003 (10)	0.036 (10)	0.181 (10)
55	100	90	18.10	20.11	-0.07	0.00	0.001 (10)	0.009 (10)	0.046 (10)
56	100	90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000 (10)	0.000 (10)	0.000 (10)

Sperone

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 19.920 [MPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 360.000 [MPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	100	90	14.07	8.04	107.05	0.00	1.502 (10)	95.517 (10)	15.592 (10)

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO
Combinazioni SLEF
Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 33.200 [MPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [MPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	100	50	8.04	8.04	0.00	0.00	0.000 (11)	0.000 (11)	0.000 (11)
2	100	50	8.04	8.04	0.00	1.23	0.002 (11)	0.034 (11)	0.036 (11)
3	100	50	8.04	8.04	0.02	2.45	0.005 (11)	0.065 (11)	0.075 (11)
4	100	50	8.04	8.04	0.05	3.68	0.008 (11)	0.092 (11)	0.119 (11)
5	100	50	8.04	8.04	0.10	4.90	0.012 (11)	0.113 (11)	0.168 (11)
6	100	50	8.04	8.04	0.19	6.13	0.016 (11)	0.126 (11)	0.225 (11)
7	100	50	8.04	8.04	0.30	7.35	0.021 (11)	0.131 (11)	0.290 (11)
8	100	50	8.04	16.08	0.46	8.58	0.027 (11)	0.117 (11)	0.368 (11)
9	100	50	8.04	16.08	0.66	9.80	0.033 (11)	0.101 (11)	0.456 (11)
10	100	50	8.04	16.08	0.91	11.03	0.041 (11)	0.072 (11)	0.556 (11)
11	100	50	8.04	16.08	1.21	12.25	0.050 (11)	0.024 (11)	0.673 (11)
12	100	50	8.04	16.08	1.58	13.48	0.062 (11)	0.068 (11)	0.815 (11)
13	100	50	8.04	16.08	2.01	14.71	0.076 (11)	0.226 (11)	0.988 (11)
14	100	50	8.04	16.08	2.52	15.93	0.094 (11)	0.478 (11)	1.197 (11)
15	100	50	8.04	16.08	3.10	17.16	0.115 (11)	0.853 (11)	1.442 (11)
16	100	50	8.04	16.08	3.77	18.38	0.141 (11)	1.370 (11)	1.724 (11)
17	100	50	8.04	16.08	4.53	19.61	0.170 (11)	2.044 (11)	2.041 (11)
18	100	50	8.04	16.08	5.38	20.83	0.203 (11)	2.882 (11)	2.393 (11)
19	100	50	8.04	16.08	6.33	22.06	0.241 (11)	3.890 (11)	2.778 (11)
20	100	50	8.04	16.08	7.39	23.28	0.282 (11)	5.072 (11)	3.198 (11)
21	100	50	8.04	16.08	8.56	24.51	0.328 (11)	6.435 (11)	3.653 (11)
22	100	50	8.04	16.08	9.85	25.73	0.377 (11)	7.984 (11)	4.146 (11)
23	100	50	8.04	16.08	11.26	26.96	0.432 (11)	9.727 (11)	4.677 (11)
24	100	50	8.04	16.08	12.80	28.19	0.491 (11)	11.670 (11)	5.249 (11)
25	100	50	8.04	16.08	14.48	29.41	0.555 (11)	13.821 (11)	5.863 (11)
26	100	50	8.04	16.08	16.29	30.64	0.624 (11)	16.188 (11)	6.521 (11)
27	100	50	8.04	16.08	18.25	31.86	0.698 (11)	18.779 (11)	7.224 (11)
28	100	50	8.04	16.08	20.35	33.09	0.778 (11)	21.601 (11)	7.975 (11)
29	100	50	8.04	16.08	22.62	34.31	0.864 (11)	24.662 (11)	8.775 (11)
30	100	50	8.04	16.08	25.05	35.54	0.955 (11)	27.972 (11)	9.627 (11)
31	100	50	8.04	16.08	27.64	36.76	1.053 (11)	31.537 (11)	10.531 (11)
32	100	90	14.07	28.15	28.85	61.60	0.321 (11)	4.717 (11)	4.253 (11)
33	100	90	14.07	28.15	31.83	63.80	0.355 (11)	5.643 (11)	4.674 (11)
34	100	90	14.07	28.15	35.25	66.01	0.393 (11)	6.760 (11)	5.150 (11)
35	100	90	14.07	28.15	38.89	68.22	0.434 (11)	7.988 (11)	5.654 (11)
36	100	90	14.07	28.15	42.72	70.42	0.477 (11)	9.314 (11)	6.180 (11)
37	100	90	14.07	28.15	46.75	72.63	0.521 (11)	10.736 (11)	6.729 (11)
38	100	90	14.07	28.15	50.97	74.83	0.568 (11)	12.256 (11)	7.301 (11)
39	100	90	14.07	28.15	55.41	77.04	0.617 (11)	13.876 (11)	7.898 (11)
40	100	90	14.07	28.15	60.05	79.25	0.668 (11)	15.597 (11)	8.519 (11)
41	100	90	14.07	28.15	64.92	81.45	0.722 (11)	17.420 (11)	9.166 (11)
42	100	90	14.07	28.15	70.01	83.66	0.778 (11)	19.348 (11)	9.839 (11)
43	100	90	14.07	28.15	75.32	85.86	0.836 (11)	21.384 (11)	10.538 (11)
44	100	90	14.07	28.15	80.87	88.07	0.896 (11)	23.528 (11)	11.265 (11)
45	100	90	14.07	28.15	86.66	90.28	0.959 (11)	25.784 (11)	12.021 (11)
46	100	90	14.07	28.15	92.70	92.48	1.024 (11)	28.154 (11)	12.805 (11)
47	100	90	14.07	28.15	98.99	94.69	1.092 (11)	30.639 (11)	13.619 (11)
48	100	90	14.07	28.15	105.53	96.89	1.163 (11)	33.243 (11)	14.463 (11)
49	100	90	14.07	28.15	112.34	99.10	1.236 (11)	35.967 (11)	15.338 (11)
50	100	90	14.07	28.15	119.42	101.31	1.312 (11)	38.815 (11)	16.245 (11)
51	100	90	14.07	28.15	126.77	103.51	1.391 (11)	41.788 (11)	17.184 (11)
52	100	90	14.07	28.15	134.40	105.72	1.473 (11)	44.889 (11)	18.156 (11)
53	100	90	14.07	28.15	142.31	107.92	1.558 (11)	48.121 (11)	19.162 (11)
54	100	90	14.07	28.15	150.51	110.13	1.645 (11)	51.485 (11)	20.202 (11)
55	100	90	14.07	28.15	159.01	112.34	1.736 (11)	54.985 (11)	21.277 (11)
56	100	90	14.07	28.15	167.82	114.54	1.830 (11)	58.622 (11)	22.387 (11)
57	100	90	14.07	28.15	176.92	116.75	1.927 (11)	62.400 (11)	23.534 (11)
58	100	90	14.07	28.15	186.35	118.95	2.027 (11)	66.321 (11)	24.718 (11)

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
59	100	90	14.07	28.15	196.09	121.16	2.131 (11)	70.387 (11)	25.940 (11)
60	100	90	14.07	28.15	206.15	123.37	2.238 (11)	74.601 (11)	27.200 (11)
61	100	90	14.07	28.15	216.54	125.57	2.348 (11)	78.965 (11)	28.499 (11)
62	100	90	14.07	28.15	227.27	127.78	2.461 (11)	83.482 (11)	29.838 (11)
63	100	90	14.07	28.15	238.34	129.98	2.579 (11)	88.154 (11)	31.217 (11)
64	100	90	14.07	28.15	249.76	132.19	2.699 (11)	92.985 (11)	32.637 (11)
65	100	90	14.07	28.15	261.52	134.39	2.824 (11)	97.975 (11)	34.099 (11)
66	100	90	14.07	28.15	273.65	136.60	2.952 (11)	103.129 (11)	35.604 (11)
67	100	90	14.07	28.15	286.14	138.81	3.083 (11)	108.448 (11)	37.151 (11)
68	100	90	14.07	28.15	298.99	141.01	3.219 (11)	113.935 (11)	38.742 (11)
69	100	90	14.07	28.15	312.22	143.22	3.358 (11)	119.593 (11)	40.377 (11)
70	100	90	14.07	28.15	325.83	145.42	3.502 (11)	125.423 (11)	42.058 (11)
71	100	90	14.07	28.15	339.83	147.63	3.649 (11)	131.428 (11)	43.784 (11)
72	100	90	14.07	28.15	354.21	149.84	3.800 (11)	137.610 (11)	45.556 (11)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 33.200 [MPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [MPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	100	90	18.10	20.11	0.00	0.00	0.000 (11)	0.000 (11)	0.000 (11)
2	100	90	18.10	20.11	0.70	0.00	0.008 (11)	0.490 (11)	0.088 (11)
3	100	90	18.10	20.11	2.82	0.00	0.033 (11)	1.959 (11)	0.351 (11)
4	100	90	18.10	20.11	6.33	0.00	0.074 (11)	4.402 (11)	0.790 (11)
5	100	90	18.10	20.11	11.23	0.00	0.132 (11)	7.815 (11)	1.402 (11)
6	100	90	18.10	20.11	17.53	0.00	0.206 (11)	12.195 (11)	2.188 (11)
7	100	90	18.10	20.11	25.21	0.00	0.296 (11)	17.538 (11)	3.147 (11)
8	100	90	18.10	20.11	-87.70	0.00	1.001 (11)	10.893 (11)	55.125 (11)
9	100	90	18.10	20.11	-86.73	0.00	0.990 (11)	10.773 (11)	54.515 (11)
10	100	90	18.10	20.11	-85.61	0.00	0.977 (11)	10.634 (11)	53.813 (11)
11	100	90	18.10	20.11	-84.35	0.00	0.963 (11)	10.478 (11)	53.022 (11)
12	100	90	18.10	20.11	-82.96	0.00	0.947 (11)	10.305 (11)	52.148 (11)
13	100	90	18.10	20.11	-81.44	0.00	0.930 (11)	10.117 (11)	51.195 (11)
14	100	90	18.10	20.11	-79.81	0.00	0.911 (11)	9.914 (11)	50.167 (11)
15	100	90	18.10	20.11	-78.06	0.00	0.891 (11)	9.697 (11)	49.070 (11)
16	100	90	18.10	20.11	-76.21	0.00	0.870 (11)	9.467 (11)	47.907 (11)
17	100	90	18.10	20.11	-74.27	0.00	0.848 (11)	9.225 (11)	46.683 (11)
18	100	90	18.10	20.11	-72.23	0.00	0.825 (11)	8.972 (11)	45.403 (11)
19	100	90	18.10	20.11	-70.11	0.00	0.801 (11)	8.709 (11)	44.071 (11)
20	100	90	18.10	20.11	-67.92	0.00	0.775 (11)	8.437 (11)	42.692 (11)
21	100	90	18.10	20.11	-65.65	0.00	0.750 (11)	8.156 (11)	41.270 (11)
22	100	90	18.10	20.11	-63.33	0.00	0.723 (11)	7.867 (11)	39.810 (11)
23	100	90	18.10	20.11	-60.96	0.00	0.696 (11)	7.572 (11)	38.316 (11)
24	100	90	18.10	20.11	-58.53	0.00	0.668 (11)	7.271 (11)	36.794 (11)
25	100	90	18.10	20.11	-56.07	0.00	0.640 (11)	6.965 (11)	35.247 (11)
26	100	90	18.10	20.11	-53.58	0.00	0.612 (11)	6.656 (11)	33.680 (11)
27	100	90	18.10	20.11	-51.06	0.00	0.583 (11)	6.343 (11)	32.098 (11)
28	100	90	18.10	20.11	-48.53	0.00	0.554 (11)	6.028 (11)	30.505 (11)
29	100	90	18.10	20.11	-45.99	0.00	0.525 (11)	5.712 (11)	28.906 (11)
30	100	90	18.10	20.11	-43.44	0.00	0.496 (11)	5.396 (11)	27.305 (11)
31	100	90	18.10	20.11	-40.90	0.00	0.467 (11)	5.080 (11)	25.707 (11)
32	100	90	18.10	20.11	-38.37	0.00	0.438 (11)	4.766 (11)	24.117 (11)
33	100	90	18.10	20.11	-35.85	0.00	0.409 (11)	4.454 (11)	22.538 (11)
34	100	90	18.10	20.11	-33.37	0.00	0.381 (11)	4.145 (11)	20.976 (11)
35	100	90	18.10	20.11	-30.92	0.00	0.353 (11)	3.841 (11)	19.435 (11)
36	100	90	18.10	20.11	-28.51	0.00	0.325 (11)	3.541 (11)	17.919 (11)
37	100	90	18.10	20.11	-26.14	0.00	0.299 (11)	3.248 (11)	16.434 (11)
38	100	90	18.10	20.11	-23.84	0.00	0.272 (11)	2.961 (11)	14.984 (11)
39	100	90	18.10	20.11	-21.59	0.00	0.247 (11)	2.682 (11)	13.572 (11)
40	100	90	18.10	20.11	-19.42	0.00	0.222 (11)	2.412 (11)	12.205 (11)
41	100	90	18.10	20.11	-17.32	0.00	0.198 (11)	2.151 (11)	10.886 (11)
42	100	90	18.10	20.11	-15.30	0.00	0.175 (11)	1.901 (11)	9.620 (11)
43	100	90	18.10	20.11	-13.38	0.00	0.153 (11)	1.662 (11)	8.411 (11)
44	100	90	18.10	20.11	-11.56	0.00	0.132 (11)	1.436 (11)	7.265 (11)
45	100	90	18.10	20.11	-9.84	0.00	0.112 (11)	1.222 (11)	6.184 (11)

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
46	100	90	18.10	20.11	-8.23	0.00	0.094 (11)	1.023 (11)	5.176 (11)
47	100	90	18.10	20.11	-6.75	0.00	0.077 (11)	0.838 (11)	4.242 (11)
48	100	90	18.10	20.11	-5.39	0.00	0.062 (11)	0.670 (11)	3.389 (11)
49	100	90	18.10	20.11	-4.17	0.00	0.048 (11)	0.518 (11)	2.621 (11)
50	100	90	18.10	20.11	-3.09	0.00	0.035 (11)	0.384 (11)	1.942 (11)
51	100	90	18.10	20.11	-2.16	0.00	0.025 (11)	0.268 (11)	1.357 (11)
52	100	90	18.10	20.11	-1.39	0.00	0.016 (11)	0.172 (11)	0.871 (11)
53	100	90	18.10	20.11	-0.78	0.00	0.009 (11)	0.096 (11)	0.487 (11)
54	100	90	18.10	20.11	-0.34	0.00	0.004 (11)	0.042 (11)	0.211 (11)
55	100	90	18.10	20.11	-0.09	0.00	0.001 (11)	0.011 (11)	0.054 (11)
56	100	90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000 (11)	0.000 (11)	0.000 (11)

Sperone

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 33.200 [MPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [MPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	100	90	14.07	8.04	107.05	0.00	1.502 (11)	95.517 (11)	15.592 (11)

Combinazioni SLEQ
Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 14.940 [MPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [MPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	100	50	8.04	8.04	0.00	0.00	0.000 (12)	0.000 (12)	0.000 (12)
2	100	50	8.04	8.04	0.01	1.23	0.002 (13)	0.034 (12)	0.037 (13)
3	100	50	8.04	8.04	0.03	2.45	0.005 (13)	0.066 (12)	0.079 (13)
4	100	50	8.04	8.04	0.08	3.68	0.009 (13)	0.095 (12)	0.128 (13)
5	100	50	8.04	8.04	0.17	4.90	0.013 (13)	0.117 (12)	0.185 (13)
6	100	50	8.04	8.04	0.30	6.13	0.018 (13)	0.133 (12)	0.254 (13)
7	100	50	8.04	8.04	0.47	7.35	0.024 (13)	0.141 (12)	0.335 (13)
8	100	50	8.04	16.08	0.71	8.58	0.032 (13)	0.131 (12)	0.433 (13)
9	100	50	8.04	16.08	1.00	9.80	0.041 (13)	0.119 (12)	0.548 (13)
10	100	50	8.04	16.08	1.37	11.03	0.053 (13)	0.094 (12)	0.692 (13)
11	100	50	8.04	16.08	1.81	12.25	0.068 (13)	0.277 (13)	0.874 (13)
12	100	50	8.04	16.08	2.35	13.48	0.087 (13)	0.584 (13)	1.096 (13)
13	100	50	8.04	16.08	2.97	14.71	0.111 (13)	1.046 (13)	1.361 (13)
14	100	50	8.04	16.08	3.70	15.93	0.139 (13)	1.682 (13)	1.665 (13)
15	100	50	8.04	16.08	4.53	17.16	0.172 (13)	2.503 (13)	2.009 (13)
16	100	50	8.04	16.08	5.48	18.38	0.209 (13)	3.518 (13)	2.392 (13)
17	100	50	8.04	16.08	6.56	19.61	0.251 (13)	4.733 (13)	2.815 (13)
18	100	50	8.04	16.08	7.76	20.83	0.297 (13)	6.158 (13)	3.280 (13)
19	100	50	8.04	16.08	9.11	22.06	0.349 (13)	7.801 (13)	3.789 (13)
20	100	50	8.04	16.08	10.60	23.28	0.406 (13)	9.671 (13)	4.343 (13)
21	100	50	8.04	16.08	12.24	24.51	0.469 (13)	11.780 (13)	4.947 (13)
22	100	50	8.04	16.08	14.04	25.73	0.538 (13)	14.137 (13)	5.600 (13)
23	100	50	8.04	16.08	16.02	26.96	0.613 (13)	16.752 (13)	6.307 (13)
24	100	50	8.04	16.08	18.17	28.19	0.694 (13)	19.638 (13)	7.070 (13)
25	100	50	8.04	16.08	20.50	29.41	0.782 (13)	22.804 (13)	7.891 (13)
26	100	50	8.04	16.08	23.02	30.64	0.877 (13)	26.261 (13)	8.772 (13)
27	100	50	8.04	16.08	25.74	31.86	0.979 (13)	30.022 (13)	9.716 (13)
28	100	50	8.04	16.08	28.67	33.09	1.089 (13)	34.097 (13)	10.725 (13)
29	100	50	8.04	16.08	31.81	34.31	1.206 (13)	38.496 (13)	11.802 (13)
30	100	50	8.04	16.08	35.17	35.54	1.331 (13)	43.233 (13)	12.949 (13)
31	100	50	8.04	16.08	38.76	36.76	1.465 (13)	48.317 (13)	14.169 (13)
32	100	90	14.07	28.15	42.45	61.28	0.473 (13)	10.341 (13)	6.071 (13)

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
33	100	90	14.07	28.15	46.60	63.48	0.519 (13)	11.842 (13)	6.630 (13)
34	100	90	14.07	28.15	51.19	65.69	0.569 (13)	13.539 (13)	7.242 (13)
35	100	90	14.07	28.15	56.06	67.90	0.623 (13)	15.370 (13)	7.888 (13)
36	100	90	14.07	28.15	61.19	70.10	0.679 (13)	17.324 (13)	8.565 (13)
37	100	90	14.07	28.15	66.60	72.31	0.738 (13)	19.405 (13)	9.274 (13)
38	100	90	14.07	28.15	72.28	74.51	0.800 (13)	21.615 (13)	10.016 (13)
39	100	90	14.07	28.15	78.26	76.72	0.864 (13)	23.958 (13)	10.792 (13)
40	100	90	14.07	28.15	84.53	78.93	0.932 (13)	26.437 (13)	11.603 (13)
41	100	90	14.07	28.15	91.10	81.13	1.003 (13)	29.054 (13)	12.449 (13)
42	100	90	14.07	28.15	97.98	83.34	1.077 (13)	31.814 (13)	13.332 (13)
43	100	90	14.07	28.15	105.17	85.54	1.154 (13)	34.719 (13)	14.252 (13)
44	100	90	14.07	28.15	112.70	87.75	1.235 (13)	37.773 (13)	15.211 (13)
45	100	90	14.07	28.15	120.55	89.96	1.319 (13)	40.978 (13)	16.209 (13)
46	100	90	14.07	28.15	128.74	92.16	1.406 (13)	44.339 (13)	17.247 (13)
47	100	90	14.07	28.15	137.29	94.37	1.497 (13)	47.859 (13)	18.326 (13)
48	100	90	14.07	28.15	146.18	96.57	1.592 (13)	51.540 (13)	19.447 (13)
49	100	90	14.07	28.15	155.44	98.78	1.691 (13)	55.387 (13)	20.611 (13)
50	100	90	14.07	28.15	165.07	100.99	1.793 (13)	59.402 (13)	21.819 (13)
51	100	90	14.07	28.15	175.07	103.19	1.899 (13)	63.590 (13)	23.071 (13)
52	100	90	14.07	28.15	185.46	105.40	2.009 (13)	67.952 (13)	24.369 (13)
53	100	90	14.07	28.15	196.24	107.60	2.123 (13)	72.494 (13)	25.713 (13)
54	100	90	14.07	28.15	207.42	109.81	2.242 (13)	77.217 (13)	27.105 (13)
55	100	90	14.07	28.15	219.00	112.02	2.364 (13)	82.126 (13)	28.545 (13)
56	100	90	14.07	28.15	231.01	114.22	2.491 (13)	87.224 (13)	30.034 (13)
57	100	90	14.07	28.15	243.43	116.43	2.622 (13)	92.514 (13)	31.574 (13)
58	100	90	14.07	28.15	256.28	118.63	2.757 (13)	98.000 (13)	33.164 (13)
59	100	90	14.07	28.15	269.57	120.84	2.897 (13)	103.684 (13)	34.806 (13)
60	100	90	14.07	28.15	283.30	123.05	3.042 (13)	109.571 (13)	36.500 (13)
61	100	90	14.07	28.15	297.49	125.25	3.191 (13)	115.664 (13)	38.249 (13)
62	100	90	14.07	28.15	312.13	127.46	3.345 (13)	121.966 (13)	40.052 (13)
63	100	90	14.07	28.15	327.24	129.66	3.504 (13)	128.481 (13)	41.910 (13)
64	100	90	14.07	28.15	342.83	131.87	3.668 (13)	135.211 (13)	43.824 (13)
65	100	90	14.07	28.15	358.90	134.07	3.836 (13)	142.161 (13)	45.796 (13)
66	100	90	14.07	28.15	375.45	136.28	4.010 (13)	149.334 (13)	47.826 (13)
67	100	90	14.07	28.15	392.51	138.49	4.189 (13)	156.733 (13)	49.915 (13)
68	100	90	14.07	28.15	410.07	140.69	4.373 (13)	164.361 (13)	52.063 (13)
69	100	90	14.07	28.15	428.13	142.90	4.562 (13)	172.222 (13)	54.273 (13)
70	100	90	14.07	28.15	446.72	145.10	4.757 (13)	180.319 (13)	56.544 (13)
71	100	90	14.07	28.15	465.84	147.31	4.957 (13)	188.656 (13)	58.877 (13)
72	100	90	14.07	28.15	485.48	149.52	5.162 (13)	197.235 (13)	61.274 (13)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 14.940 [MPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [MPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	100	90	18.10	20.11	0.00	0.00	0.000 (12)	0.000 (12)	0.000 (12)
2	100	90	18.10	20.11	0.91	0.00	0.011 (13)	0.631 (13)	0.113 (13)
3	100	90	18.10	20.11	3.62	0.00	0.042 (13)	2.518 (13)	0.452 (13)
4	100	90	18.10	20.11	8.12	0.00	0.095 (13)	5.648 (13)	1.013 (13)
5	100	90	18.10	20.11	14.39	0.00	0.169 (13)	10.011 (13)	1.796 (13)
6	100	90	18.10	20.11	22.41	0.00	0.263 (13)	15.596 (13)	2.798 (13)
7	100	90	18.10	20.11	32.18	0.00	0.378 (13)	22.391 (13)	4.017 (13)
8	100	90	18.10	20.11	-364.55	0.00	4.162 (14)	45.284 (14)	229.152 (14)
9	100	90	18.10	20.11	-356.94	0.00	4.076 (14)	44.339 (14)	224.371 (14)
10	100	90	18.10	20.11	-349.03	0.00	3.985 (14)	43.356 (14)	219.396 (14)
11	100	90	18.10	20.11	-340.82	0.00	3.892 (14)	42.337 (14)	214.238 (14)
12	100	90	18.10	20.11	-332.35	0.00	3.795 (14)	41.284 (14)	208.912 (14)
13	100	90	18.10	20.11	-323.63	0.00	3.695 (14)	40.201 (14)	203.430 (14)
14	100	90	18.10	20.11	-314.68	0.00	3.593 (14)	39.089 (14)	197.804 (14)
15	100	90	18.10	20.11	-305.52	0.00	3.488 (14)	37.952 (14)	192.047 (14)
16	100	90	18.10	20.11	-296.17	0.00	3.382 (14)	36.791 (14)	186.172 (14)
17	100	90	18.10	20.11	-286.66	0.00	3.273 (14)	35.609 (14)	180.191 (14)
18	100	90	18.10	20.11	-277.00	0.00	3.163 (14)	34.408 (14)	174.118 (14)
19	100	90	18.10	20.11	-267.21	0.00	3.051 (14)	33.192 (14)	167.964 (14)

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
20	100	90	18.10	20.11	-257.31	0.00	2.938 (14)	31.963 (14)	161.743 (14)
21	100	90	18.10	20.11	-247.33	0.00	2.824 (14)	30.723 (14)	155.467 (14)
22	100	90	18.10	20.11	-237.28	0.00	2.709 (14)	29.474 (14)	149.149 (14)
23	100	90	18.10	20.11	-227.18	0.00	2.594 (14)	28.220 (14)	142.802 (14)
24	100	90	18.10	20.11	-217.05	0.00	2.478 (14)	26.962 (14)	136.438 (14)
25	100	90	18.10	20.11	-206.92	0.00	2.363 (14)	25.704 (14)	130.071 (14)
26	100	90	18.10	20.11	-196.81	0.00	2.247 (14)	24.447 (14)	123.712 (14)
27	100	90	18.10	20.11	-186.73	0.00	2.132 (14)	23.195 (14)	117.374 (14)
28	100	90	18.10	20.11	-176.70	0.00	2.018 (14)	21.949 (14)	111.071 (14)
29	100	90	18.10	20.11	-166.75	0.00	1.904 (14)	20.713 (14)	104.815 (14)
30	100	90	18.10	20.11	-156.89	0.00	1.791 (14)	19.488 (14)	98.618 (14)
31	100	90	18.10	20.11	-147.14	0.00	1.680 (14)	18.278 (14)	92.493 (14)
32	100	90	18.10	20.11	-137.54	0.00	1.570 (14)	17.085 (14)	86.453 (14)
33	100	90	18.10	20.11	-128.08	0.00	1.462 (14)	15.910 (14)	80.511 (14)
34	100	90	18.10	20.11	-118.80	0.00	1.357 (14)	14.758 (14)	74.680 (14)
35	100	90	18.10	20.11	-109.72	0.00	1.253 (14)	13.630 (14)	68.971 (14)
36	100	90	18.10	20.11	-100.86	0.00	1.152 (14)	12.528 (14)	63.398 (14)
37	100	90	18.10	20.11	-92.23	0.00	1.053 (14)	11.456 (14)	57.973 (14)
38	100	90	18.10	20.11	-83.85	0.00	0.957 (14)	10.416 (14)	52.710 (14)
39	100	90	18.10	20.11	-75.76	0.00	0.865 (14)	9.411 (14)	47.621 (14)
40	100	90	18.10	20.11	-67.96	0.00	0.776 (14)	8.442 (14)	42.718 (14)
41	100	90	18.10	20.11	-60.47	0.00	0.691 (14)	7.512 (14)	38.014 (14)
42	100	90	18.10	20.11	-53.33	0.00	0.609 (14)	6.624 (14)	33.522 (14)
43	100	90	18.10	20.11	-46.54	0.00	0.531 (14)	5.781 (14)	29.255 (14)
44	100	90	18.10	20.11	-40.13	0.00	0.458 (14)	4.985 (14)	25.225 (14)
45	100	90	18.10	20.11	-34.12	0.00	0.390 (14)	4.238 (14)	21.445 (14)
46	100	90	18.10	20.11	-28.52	0.00	0.326 (14)	3.543 (14)	17.928 (14)
47	100	90	18.10	20.11	-23.36	0.00	0.267 (14)	2.902 (14)	14.686 (14)
48	100	90	18.10	20.11	-18.67	0.00	0.213 (14)	2.319 (14)	11.733 (14)
49	100	90	18.10	20.11	-14.45	0.00	0.165 (14)	1.794 (14)	9.080 (14)
50	100	90	18.10	20.11	-10.72	0.00	0.122 (14)	1.332 (14)	6.741 (14)
51	100	90	18.10	20.11	-7.52	0.00	0.086 (14)	0.934 (14)	4.728 (14)
52	100	90	18.10	20.11	-4.86	0.00	0.055 (14)	0.603 (14)	3.054 (14)
53	100	90	18.10	20.11	-2.75	0.00	0.031 (14)	0.342 (14)	1.731 (14)
54	100	90	18.10	20.11	-1.23	0.00	0.014 (14)	0.153 (14)	0.773 (14)
55	100	90	18.10	20.11	-0.31	0.00	0.004 (14)	0.039 (14)	0.195 (14)
56	100	90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000 (12)	0.000 (12)	0.000 (12)

Sperone

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 14.940 [MPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [MPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	100	90	14.07	8.04	173.86	0.00	2.440 (13)	155.131 (13)	25.323 (13)

Verifica a fessurazione
Simbologia adottata

n° indice sezione
 Y ordinata sezione espressa in [m]
 B larghezza sezione espressa in [cm]
 H altezza sezione espressa in [cm]
 Af area ferri zona tesa espressa in [cmq]
 Aeff area efficace espressa in [cmq]
 M momento agente espressa in [kNm]
 Mpf momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
 ε deformazione espressa in %
 Sm spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
 w apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLEF
Paramento

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

 Apertura limite fessure $w_{lim}=0.40$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (11)
2	100	50	0.00	0.00	0.00	5.18	0.000000	0.00	0.000 (11)
3	100	50	0.00	0.00	0.02	13.71	0.000000	0.00	0.000 (11)
4	100	50	0.00	0.00	0.05	26.77	0.000000	0.00	0.000 (11)
5	100	50	0.00	0.00	0.10	46.48	0.000000	0.00	0.000 (11)
6	100	50	0.00	0.00	0.19	77.09	0.000000	0.00	0.000 (11)
7	100	50	0.00	0.00	0.30	128.21	0.000000	0.00	0.000 (11)
8	100	50	0.00	0.00	0.46	249.76	0.000000	0.00	0.000 (11)
9	100	50	0.00	0.00	0.66	544.98	0.000000	0.00	0.000 (11)
10	100	50	0.00	0.00	0.91	3678.91	0.000000	0.00	0.000 (11)
11	100	50	0.00	0.00	1.21	1120.09	0.000000	0.00	0.000 (11)
12	100	50	16.08	1250.00	1.58	560.47	0.000000	0.00	0.000 (11)
13	100	50	16.08	1250.00	2.01	402.91	0.000000	0.00	0.000 (11)
14	100	50	16.08	1250.00	2.52	329.11	0.000000	0.00	0.000 (11)
15	100	50	16.08	1250.00	3.10	286.57	0.000000	0.00	0.000 (11)
16	100	50	16.08	1250.00	3.77	259.05	0.000000	0.00	0.000 (11)
17	100	50	16.08	1250.00	4.53	239.88	0.000000	0.00	0.000 (11)
18	100	50	16.08	1250.00	5.38	225.83	0.000000	0.00	0.000 (11)
19	100	50	16.08	1250.00	6.33	215.13	0.000000	0.00	0.000 (11)
20	100	50	16.08	1250.00	7.39	206.74	0.000000	0.00	0.000 (11)
21	100	50	16.08	1250.00	8.56	200.01	0.000000	0.00	0.000 (11)
22	100	50	16.08	1250.00	9.85	194.51	0.000000	0.00	0.000 (11)
23	100	50	16.08	1250.00	11.26	189.94	0.000000	0.00	0.000 (11)
24	100	50	16.08	1250.00	12.80	186.09	0.000000	0.00	0.000 (11)
25	100	50	16.08	1250.00	14.48	182.82	0.000000	0.00	0.000 (11)
26	100	50	16.08	1250.00	16.29	180.01	0.000000	0.00	0.000 (11)
27	100	50	16.08	1250.00	18.25	177.57	0.000000	0.00	0.000 (11)
28	100	50	16.08	1250.00	20.35	175.44	0.000000	0.00	0.000 (11)
29	100	50	16.08	1250.00	22.62	173.57	0.000000	0.00	0.000 (11)
30	100	50	16.08	1250.00	25.05	171.91	0.000000	0.00	0.000 (11)
31	100	50	16.08	1250.00	27.64	170.44	0.000000	0.00	0.000 (11)
32	100	90	28.15	1250.00	28.85	757.20	0.000000	0.00	0.000 (11)
33	100	90	28.15	1250.00	31.83	734.30	0.000000	0.00	0.000 (11)
34	100	90	28.15	1250.00	35.25	712.65	0.000000	0.00	0.000 (11)
35	100	90	28.15	1250.00	38.89	694.21	0.000000	0.00	0.000 (11)
36	100	90	28.15	1250.00	42.72	678.57	0.000000	0.00	0.000 (11)
37	100	90	28.15	1250.00	46.75	665.12	0.000000	0.00	0.000 (11)
38	100	90	28.15	1250.00	50.97	653.43	0.000000	0.00	0.000 (11)
39	100	90	28.15	1250.00	55.41	643.17	0.000000	0.00	0.000 (11)
40	100	90	28.15	1250.00	60.05	634.09	0.000000	0.00	0.000 (11)
41	100	90	28.15	1250.00	64.92	625.99	0.000000	0.00	0.000 (11)
42	100	90	28.15	1250.00	70.01	618.73	0.000000	0.00	0.000 (11)
43	100	90	28.15	1250.00	75.32	612.17	0.000000	0.00	0.000 (11)
44	100	90	28.15	1250.00	80.87	606.22	0.000000	0.00	0.000 (11)
45	100	90	28.15	1250.00	86.66	600.81	0.000000	0.00	0.000 (11)
46	100	90	28.15	1250.00	92.70	595.85	0.000000	0.00	0.000 (11)
47	100	90	28.15	1250.00	98.99	591.30	0.000000	0.00	0.000 (11)
48	100	90	28.15	1250.00	105.53	587.11	0.000000	0.00	0.000 (11)
49	100	90	28.15	1250.00	112.34	583.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
50	100	90	28.15	1250.00	119.42	579.64	0.000000	0.00	0.000 (11)
51	100	90	28.15	1250.00	126.77	576.30	0.000000	0.00	0.000 (11)
52	100	90	28.15	1250.00	134.40	573.19	0.000000	0.00	0.000 (11)
53	100	90	28.15	1250.00	142.31	570.29	0.000000	0.00	0.000 (11)
54	100	90	28.15	1250.00	150.51	567.58	0.000000	0.00	0.000 (11)
55	100	90	28.15	1250.00	159.01	565.03	0.000000	0.00	0.000 (11)
56	100	90	28.15	1250.00	167.82	562.64	0.000000	0.00	0.000 (11)
57	100	90	28.15	1250.00	176.92	560.39	0.000000	0.00	0.000 (11)
58	100	90	28.15	1250.00	186.35	558.28	0.000000	0.00	0.000 (11)
59	100	90	28.15	1250.00	196.09	556.28	0.000000	0.00	0.000 (11)
60	100	90	28.15	1250.00	206.15	554.39	0.000000	0.00	0.000 (11)
61	100	90	28.15	1250.00	216.54	552.61	0.000000	0.00	0.000 (11)
62	100	90	28.15	1250.00	227.27	550.92	0.000000	0.00	0.000 (11)
63	100	90	28.15	1250.00	238.34	549.31	0.000000	0.00	0.000 (11)
64	100	90	28.15	1250.00	249.76	547.79	0.000000	0.00	0.000 (11)
65	100	90	28.15	1250.00	261.52	546.34	0.000000	0.00	0.000 (11)
66	100	90	28.15	1250.00	273.65	544.97	0.000000	0.00	0.000 (11)

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
67	100	90	28.15	1250.00	286.14	543.66	0.000000	0.00	0.000 (11)
68	100	90	28.15	1250.00	298.99	542.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
69	100	90	28.15	1250.00	312.22	541.21	0.000000	0.00	0.000 (11)
70	100	90	28.15	1250.00	325.83	540.08	0.000000	0.00	0.000 (11)
71	100	90	28.15	1250.00	339.83	538.99	0.000000	0.00	0.000 (11)
72	100	90	28.15	1250.00	354.21	537.95	0.000000	0.00	0.000 (11)

Fondazione

 Apertura limite fessure $w_{lim}=0.40$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	90	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (11)
2	100	90	18.10	1250.00	0.70	484.69	0.000000	0.00	0.000 (11)
3	100	90	18.10	1250.00	2.82	484.69	0.000000	0.00	0.000 (11)
4	100	90	18.10	1250.00	6.33	484.69	0.000000	0.00	0.000 (11)
5	100	90	18.10	1250.00	11.23	484.69	0.000000	0.00	0.000 (11)
6	100	90	18.10	1250.00	17.53	484.69	0.000000	0.00	0.000 (11)
7	100	90	18.10	1250.00	25.21	484.69	0.000000	0.00	0.000 (11)
8	100	90	20.11	1250.00	-87.70	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
9	100	90	20.11	1250.00	-86.73	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
10	100	90	20.11	1250.00	-85.61	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
11	100	90	20.11	1250.00	-84.35	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
12	100	90	20.11	1250.00	-82.96	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
13	100	90	20.11	1250.00	-81.44	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
14	100	90	20.11	1250.00	-79.81	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
15	100	90	20.11	1250.00	-78.06	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
16	100	90	20.11	1250.00	-76.21	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
17	100	90	20.11	1250.00	-74.27	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
18	100	90	20.11	1250.00	-72.23	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
19	100	90	20.11	1250.00	-70.11	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
20	100	90	20.11	1250.00	-67.92	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
21	100	90	20.11	1250.00	-65.65	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
22	100	90	20.11	1250.00	-63.33	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
23	100	90	20.11	1250.00	-60.96	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
24	100	90	20.11	1250.00	-58.53	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
25	100	90	20.11	1250.00	-56.07	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
26	100	90	20.11	1250.00	-53.58	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
27	100	90	20.11	1250.00	-51.06	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
28	100	90	20.11	1250.00	-48.53	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
29	100	90	20.11	1250.00	-45.99	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
30	100	90	20.11	1250.00	-43.44	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
31	100	90	20.11	1250.00	-40.90	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
32	100	90	20.11	1250.00	-38.37	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
33	100	90	20.11	1250.00	-35.85	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
34	100	90	20.11	1250.00	-33.37	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
35	100	90	20.11	1250.00	-30.92	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
36	100	90	20.11	1250.00	-28.51	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
37	100	90	20.11	1250.00	-26.14	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
38	100	90	20.11	1250.00	-23.84	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
39	100	90	20.11	1250.00	-21.59	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
40	100	90	20.11	1250.00	-19.42	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
41	100	90	20.11	1250.00	-17.32	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
42	100	90	20.11	1250.00	-15.30	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
43	100	90	20.11	1250.00	-13.38	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
44	100	90	20.11	1250.00	-11.56	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
45	100	90	20.11	1250.00	-9.84	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
46	100	90	20.11	1250.00	-8.23	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
47	100	90	20.11	1250.00	-6.75	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
48	100	90	20.11	1250.00	-5.39	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
49	100	90	20.11	1250.00	-4.17	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
50	100	90	20.11	1250.00	-3.09	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
51	100	90	20.11	1250.00	-2.16	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
52	100	90	20.11	1250.00	-1.39	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
53	100	90	20.11	1250.00	-0.78	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
54	100	90	20.11	1250.00	-0.34	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
55	100	90	20.11	1250.00	-0.09	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (11)

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
56	100	90	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (11)

Sperone

 Apertura limite fessure $w_{lim}=0.40$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	90	14.07	1250.00	107.05	463.12	0.000000	0.00	0.000 (11)

Combinazioni SLEQ
Paramento

 Apertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (12)
2	100	50	0.00	0.00	0.00	3.59	0.000000	0.00	0.000 (12)
3	100	50	0.00	0.00	0.01	10.20	0.000000	0.00	0.000 (12)
4	100	50	0.00	0.00	0.04	20.67	0.000000	0.00	0.000 (12)
5	100	50	0.00	0.00	0.09	36.52	0.000000	0.00	0.000 (12)
6	100	50	0.00	0.00	0.16	60.67	0.000000	0.00	0.000 (12)
7	100	50	0.00	0.00	0.26	99.30	0.000000	0.00	0.000 (12)
8	100	50	0.00	0.00	0.40	183.55	0.000000	0.00	0.000 (12)
9	100	50	0.00	0.00	0.59	348.72	0.000000	0.00	0.000 (12)
10	100	50	0.00	0.00	0.82	965.21	0.000000	0.00	0.000 (12)
11	100	50	0.00	0.00	1.10	3212.37	0.000000	0.00	0.000 (12)
12	100	50	16.08	1250.00	1.44	751.07	0.000000	0.00	0.000 (12)
13	100	50	16.08	1250.00	1.85	471.15	0.000000	0.00	0.000 (12)
14	100	50	16.08	1250.00	2.33	363.86	0.000000	0.00	0.000 (12)
15	100	50	16.08	1250.00	2.88	307.51	0.000000	0.00	0.000 (12)
16	100	50	16.08	1250.00	3.52	272.98	0.000000	0.00	0.000 (12)
17	100	50	16.08	1250.00	4.24	249.78	0.000000	0.00	0.000 (12)
18	100	50	16.08	1250.00	5.06	233.19	0.000000	0.00	0.000 (12)
19	100	50	16.08	1250.00	5.97	220.80	0.000000	0.00	0.000 (12)
20	100	50	16.08	1250.00	6.99	211.23	0.000000	0.00	0.000 (12)
21	100	50	16.08	1250.00	8.12	203.64	0.000000	0.00	0.000 (12)
22	100	50	16.08	1250.00	9.36	197.50	0.000000	0.00	0.000 (12)
23	100	50	16.08	1250.00	10.72	192.44	0.000000	0.00	0.000 (12)
24	100	50	16.08	1250.00	12.21	188.21	0.000000	0.00	0.000 (12)
25	100	50	16.08	1250.00	13.83	184.63	0.000000	0.00	0.000 (12)
26	100	50	16.08	1250.00	15.59	181.57	0.000000	0.00	0.000 (12)
27	100	50	16.08	1250.00	17.49	178.93	0.000000	0.00	0.000 (12)
28	100	50	16.08	1250.00	19.54	176.63	0.000000	0.00	0.000 (12)
29	100	50	16.08	1250.00	21.74	174.62	0.000000	0.00	0.000 (12)
30	100	50	16.08	1250.00	24.11	172.84	0.000000	0.00	0.000 (12)
31	100	50	16.08	1250.00	26.63	171.27	0.000000	0.00	0.000 (12)
32	100	90	28.15	1250.00	27.92	768.05	0.000000	0.00	0.000 (12)
33	100	90	28.15	1250.00	30.78	744.29	0.000000	0.00	0.000 (12)
34	100	90	28.15	1250.00	34.00	722.25	0.000000	0.00	0.000 (12)
35	100	90	28.15	1250.00	37.43	703.37	0.000000	0.00	0.000 (12)
36	100	90	28.15	1250.00	41.05	687.23	0.000000	0.00	0.000 (12)
37	100	90	28.15	1250.00	44.87	673.28	0.000000	0.00	0.000 (12)
38	100	90	28.15	1250.00	48.88	661.08	0.000000	0.00	0.000 (12)
39	100	90	28.15	1250.00	53.10	650.34	0.000000	0.00	0.000 (12)
40	100	90	28.15	1250.00	57.52	640.79	0.000000	0.00	0.000 (12)
41	100	90	28.15	1250.00	62.17	632.26	0.000000	0.00	0.000 (12)
42	100	90	28.15	1250.00	67.03	624.59	0.000000	0.00	0.000 (12)
43	100	90	28.15	1250.00	72.12	617.66	0.000000	0.00	0.000 (12)
44	100	90	28.15	1250.00	77.44	611.36	0.000000	0.00	0.000 (12)
45	100	90	28.15	1250.00	83.00	605.62	0.000000	0.00	0.000 (12)
46	100	90	28.15	1250.00	88.81	600.36	0.000000	0.00	0.000 (12)
47	100	90	28.15	1250.00	94.86	595.54	0.000000	0.00	0.000 (12)

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
48	100	90	28.15	1250.00	101.17	591.08	0.000000	0.00	0.000 (12)
49	100	90	28.15	1250.00	107.74	586.97	0.000000	0.00	0.000 (12)
50	100	90	28.15	1250.00	114.57	583.16	0.000000	0.00	0.000 (12)
51	100	90	28.15	1250.00	121.67	579.61	0.000000	0.00	0.000 (12)
52	100	90	28.15	1250.00	129.06	576.31	0.000000	0.00	0.000 (12)
53	100	90	28.15	1250.00	136.72	573.24	0.000000	0.00	0.000 (12)
54	100	90	28.15	1250.00	144.68	570.36	0.000000	0.00	0.000 (12)
55	100	90	28.15	1250.00	152.92	567.66	0.000000	0.00	0.000 (12)
56	100	90	28.15	1250.00	161.47	565.13	0.000000	0.00	0.000 (12)
57	100	90	28.15	1250.00	170.32	562.74	0.000000	0.00	0.000 (12)
58	100	90	28.15	1250.00	179.48	560.50	0.000000	0.00	0.000 (12)
59	100	90	28.15	1250.00	188.96	558.39	0.000000	0.00	0.000 (12)
60	100	90	28.15	1250.00	198.76	556.39	0.000000	0.00	0.000 (12)
61	100	90	28.15	1250.00	208.89	554.51	0.000000	0.00	0.000 (12)
62	100	90	28.15	1250.00	219.35	552.72	0.000000	0.00	0.000 (12)
63	100	90	28.15	1250.00	230.15	551.03	0.000000	0.00	0.000 (12)
64	100	90	28.15	1250.00	241.29	549.42	0.000000	0.00	0.000 (12)
65	100	90	28.15	1250.00	252.78	547.90	0.000000	0.00	0.000 (12)
66	100	90	28.15	1250.00	264.63	546.45	0.000000	0.00	0.000 (12)
67	100	90	28.15	1250.00	276.84	545.07	0.000000	0.00	0.000 (12)
68	100	90	28.15	1250.00	289.41	543.75	0.000000	0.00	0.000 (12)
69	100	90	28.15	1250.00	302.36	542.50	0.000000	0.00	0.000 (12)
70	100	90	28.15	1250.00	315.68	541.30	0.000000	0.00	0.000 (12)
71	100	90	28.15	1250.00	329.39	540.16	0.000000	0.00	0.000 (12)
72	100	90	28.15	1250.00	343.48	539.07	0.000000	0.00	0.000 (12)

Fondazione

 Apertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	90	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (12)
2	100	90	18.10	1250.00	0.70	484.69	0.000000	0.00	0.000 (12)
3	100	90	18.10	1250.00	2.81	484.69	0.000000	0.00	0.000 (12)
4	100	90	18.10	1250.00	6.31	484.69	0.000000	0.00	0.000 (12)
5	100	90	18.10	1250.00	11.21	484.69	0.000000	0.00	0.000 (12)
6	100	90	18.10	1250.00	17.49	484.69	0.000000	0.00	0.000 (12)
7	100	90	18.10	1250.00	25.15	484.69	0.000000	0.00	0.000 (12)
8	100	90	20.11	1250.00	-88.02	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
9	100	90	20.11	1250.00	-87.08	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
10	100	90	20.11	1250.00	-86.00	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
11	100	90	20.11	1250.00	-84.76	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
12	100	90	20.11	1250.00	-83.40	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
13	100	90	20.11	1250.00	-81.90	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
14	100	90	20.11	1250.00	-80.28	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
15	100	90	20.11	1250.00	-78.55	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
16	100	90	20.11	1250.00	-76.71	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
17	100	90	20.11	1250.00	-74.77	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
18	100	90	20.11	1250.00	-72.74	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
19	100	90	20.11	1250.00	-70.63	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
20	100	90	20.11	1250.00	-68.44	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
21	100	90	20.11	1250.00	-66.17	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
22	100	90	20.11	1250.00	-63.85	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
23	100	90	20.11	1250.00	-61.47	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
24	100	90	20.11	1250.00	-59.04	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
25	100	90	20.11	1250.00	-56.57	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
26	100	90	20.11	1250.00	-54.07	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
27	100	90	20.11	1250.00	-51.55	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
28	100	90	20.11	1250.00	-49.00	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
29	100	90	20.11	1250.00	-46.44	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
30	100	90	20.11	1250.00	-43.88	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
31	100	90	20.11	1250.00	-41.32	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
32	100	90	20.11	1250.00	-38.78	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
33	100	90	20.11	1250.00	-36.25	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
34	100	90	20.11	1250.00	-33.75	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
35	100	90	20.11	1250.00	-31.28	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
36	100	90	20.11	1250.00	-28.85	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
37	100	90	20.11	1250.00	-26.46	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
38	100	90	20.11	1250.00	-24.14	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
39	100	90	20.11	1250.00	-21.87	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
40	100	90	20.11	1250.00	-19.68	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
41	100	90	20.11	1250.00	-17.56	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
42	100	90	20.11	1250.00	-15.52	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
43	100	90	20.11	1250.00	-13.58	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
44	100	90	20.11	1250.00	-11.74	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
45	100	90	20.11	1250.00	-10.00	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
46	100	90	20.11	1250.00	-8.38	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
47	100	90	20.11	1250.00	-6.87	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
48	100	90	20.11	1250.00	-5.50	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
49	100	90	20.11	1250.00	-4.26	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
50	100	90	20.11	1250.00	-3.16	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
51	100	90	20.11	1250.00	-2.22	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
52	100	90	20.11	1250.00	-1.43	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
53	100	90	20.11	1250.00	-0.81	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
54	100	90	20.11	1250.00	-0.35	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
55	100	90	20.11	1250.00	-0.09	-487.41	0.000000	0.00	0.000 (12)
56	100	90	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (12)

Sperone

 Apertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	90	14.07	1250.00	107.05	463.12	0.000000	0.00	0.000 (12)

PROGETTAZIONE ATI:

11.5. VERIFICHE DEL MURO CON ALTEZZA PARI A 4.0M

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 6,00 [m]

Paramento

Materiale	C32/40	
Altezza paramento	4,00	[m]
Altezza paramento libero	4,00	[m]
Spessore in sommità	0,50	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,50	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	C28/35	
Lunghezza mensola di valle	0,50	[m]
Lunghezza mensola di monte	2,50	[m]
Lunghezza totale	3,50	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,50	[m]
Spessore magrone	0,10	[m]

Sperone

Posizione	Centrale	
Distanza dal tacco della fondazione	2,50	[m]
Altezza	0,50	[m]
Spessore	0,50	[m]

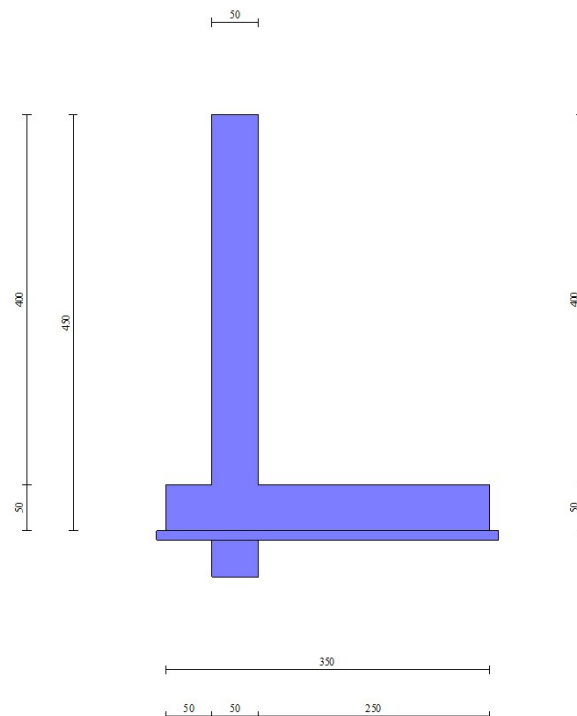


Figura 39: Sezione quotata del muro

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [MPa]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [MPa]
Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ_l	Tensione tangenziale limite, espressa in [MPa]

n°	Descr	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c	c_a	Cesp	τ_l
		[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[MPa]	[MPa]		[MPa]
1	Rilevato	20,000	20,000	30.000	20.000	0,000	0,000	---	---
2	Terreno di sito	19,000	19,000	22.000	14.670	0,015	0,000	---	---

Parametri di deformabilità

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
E	Modulo elastico, espresso in [MPa]
ν	Coeff. di Poisson
Ed	Modulo edometrico, espresso in [MPa]
CR	Rapporto di compressione
RR	Rapporto di ricomprensione
OCR	Grado di sovraconsolidazione

n°	Descr	E	ν	Ed	CR	RR	OCR
		[MPa]		[MPa]			
1	Rilevato	0,000	0.000	0,000	0.000	0.000	1.000
2	Terreno di sito	0,000	0.000	10,000	0.000	0.000	1.000

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Per calcolo pali (solo se presenti)	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')
Kst_{sta}, Kst_{sis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H	α	Terreno	Kw	Ks	Cesp	Kst _{sta}	Kst _{sis}
	[m]	[°]		[Kg/cm ²]				
1	3,00	0.000	Rilevato	---	---	---	---	---
2	10,00	0.000	Terreno di sito	---	---	---	---	---

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO



Figura 40: Stratigrafia

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F _x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F _y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X _i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X _f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q _i	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN]
Q _f	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN]

Condizione n° 1 (Condizione 1) - VARIABILE TE

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.75$ - $\Psi_1=0.75$ - $\Psi_2=0.00$

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	F _x	F _y	M	X _i	X _f	Q _i	Q _f
		[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito					0,00	5,00	5,0000	5,0000

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\varphi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Descrizione combinazioni di carico

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

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

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff. $\Psi_{0,j}$, $\Psi_{1,j}$, $\Psi_{2,j}$ sono definiti nelle singole condizioni variabili. I valori dei coeff. γ_G e γ_Q , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione
 Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO
Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.15	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO
Combinazione n° 12 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - SLEQ H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - SLEQ H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]		2.250	0.903
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.229	0.092
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F_0			2.458	2.419
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	T_c^*			0.345	0.311
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	S_s		C	1.362	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	S_t		T1	1.000	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.380	11.871	5.935
Ultimo - Ribaltamento	0.570	17.806	8.903
Esercizio	0.470	6.489	3.245

 Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta

Tipo di spinta

Culmann

Spinta attiva

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

 Terreno a bassa permeabilità
 Superficie di spinta limitata

 NO
 NO

Capacità portante

 Metodo di calcolo della portanza Meyerhof
 Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati) Ponderata
 Criterio di riduzione per eccentricità della portanza Meyerhof
 Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento) Nessuna
 Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ($0.5B\gamma N_\gamma$) Larghezza ridotta (B')
 Fattori di forma e inclinazione del carico Solo i fattori di inclinazione
 Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale Bishop

Altro

 Partecipazione spinta passiva terreno antistante 0.00
 Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione 50.00
 Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni NO
 Considera terreno sulla fondazione di valle SI
 Considera spinta e peso acqua fondazione di valle NO

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

 Metodo di calcolo delle tensioni Boussinesq
 Metodo di calcolo dei cedimenti Edometrico
 Profondità calcolo cedimenti Automatica
 ΔH massimo suddivisione strati 1.00 [m]

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU)

	SLU	Eccezionale
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50	1.00
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15	1.00
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00	1.00

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)
Paramento e fondazione muro

Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD SI

 Condizioni ambientali Ordinarie
 Armatura ad aderenza migliorata SI

Verifica a fessurazione

 Sensibilità armatura Poco sensibile
 Metodo di calcolo aperture delle fessure NTC 2018 - CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Valori limite aperture delle fessure:

 $w_1=0.20$
 $w_2=0.30$
 $w_3=0.40$
Verifica delle tensioni

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	$0.60 f_{ck}$	$0.80 f_{yk}$
Frequente	$1.00 f_{ck}$	$1.00 f_{yk}$
Quasi permanente	$0.45 f_{ck}$	$1.00 f_{yk}$

PROGETTAZIONE ATI:

Risultati per inviluppo

Risultanti globali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M _r	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M _s	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N	T	M _r	M _s	ecc
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[m]
1 - STR (A1-M1-R3)	334.99	71.16	122.24	677.72	0.092
2 - STR (A1-M1-R3)	332.92	97.62	178.79	663.44	0.294
3 - STR (A1-M1-R3)	295.44	89.60	200.04	621.79	0.322
4 - STR (A1-M1-R3)	423.66	71.16	122.24	845.97	0.042
5 - STR (A1-M1-R3)	394.24	71.16	122.24	811.03	0.003
6 - STR (A1-M1-R3)	364.41	71.16	122.24	712.65	0.130
7 - GEO (A2-M2-R2)	327.22	67.84	118.34	653.63	0.114
8 - GEO (A2-M2-R2)	332.92	97.62	178.79	663.44	0.294
9 - GEO (A2-M2-R2)	295.44	89.60	200.04	621.79	0.322
10 - EQU (A1-M1-R3)	334.99	71.16	122.24	677.72	0.092
11 - EQU (A1-M1-R3)	345.22	126.69	233.22	692.43	0.420
12 - EQU (A1-M1-R3)	289.13	115.05	265.68	630.41	0.489
13 - SLER	323.77	48.54	88.93	643.92	0.036
14 - SLEF	320.13	46.99	85.28	635.09	0.033
15 - SLEQ	309.26	42.48	74.44	608.75	0.022
16 - SLEQ	322.05	72.17	130.80	638.15	0.175
17 - SLEQ	301.54	67.73	142.34	615.31	0.182

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{UPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.405		2.638			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.038		1.890			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.012		2.048			
4 - STR (A1-M1-R3)		1.751		2.456			
5 - STR (A1-M1-R3)		1.627		2.796			
6 - STR (A1-M1-R3)		1.528		2.430			
7 - GEO (A2-M2-R2)					1.644		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.713		
9 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.746		
10 - EQU (A1-M1-R3)			5.544				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.969				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.373				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
R _{sa}	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
R _{pt}	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
R _{ps}	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
R _p	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
R _t	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

R Resistenza allo scorrimento (somma di $R_{sa}+R_{pt}+R_{ps}+R_p$), espresso in [kN]
T Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	R _{sa} [kN]	R _{pt} [kN]	R _{ps} [kN]	R _p [kN]	R _t [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	73.48	0.00	26.47	--	--	99.95	71.16	1.405
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	61.06	0.00	29.66	--	--	90.72	89.60	1.012

Dettagli verifica a scorrimento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
N_{css} Carico sul cuneo di spinta passiva, espresso in [kN]
 ϕ_{Rp} Angolo di rottura passivo, espresso in [°]
N_{rpp} Carico residuo sul piano di posa, espresso in [kN]
L_r Lunghezza base residua, espresso in [m]

n°	N _{css} [kN]	ϕ_{Rp}	N _{rpp} [kN]	L _r [m]
1	54.31	34.000	280.68	3.00
3	62.21	34.000	233.24	3.00

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
N Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Q_u Carico limite del terreno, espresso in [kN]
Q_d Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Q _u [kN]	Q _d [kN]	FS
6 - STR (A1-M1-R3)	364.41	885.43	632.45	2.430
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	332.92	629.29	524.41	1.890

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
N_c, N_q, N_γ Fattori di capacità portante
i_c, i_q, i_γ Fattori di inclinazione del carico
d_c, d_q, d_γ Fattori di profondità del piano di posa
g_c, g_q, g_γ Fattori di inclinazione del profilo topografico
b_c, b_q, b_γ Fattori di inclinazione del piano di posa
s_c, s_q, s_γ Fattori di forma della fondazione
p_c, p_q, p_γ Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
R_e Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
I_r, I_{rc} Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
r_γ Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma N_\gamma$ viene moltiplicato per questo fattore
D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
φ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c Coesione del terreno medio, espresso in [MPa]
Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	N _c N _q N _γ	i _c i _q i _γ	d _c d _q d _γ	g _c g _q g _γ	b _c b _q b _γ	s _c s _q s _γ	p _c p _q p _γ	I _r	I _{rc}	R _e	r _γ
6	16.883 7.821 4.066	0.770 0.770 0.248	1.054 1.027 1.027	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.807	0.939
2	16.883 7.821 4.066	0.670 0.670 0.066	1.054 1.027 1.027	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.710	0.939

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [MPa]
6	0.64	3.50	2.59	19.00	22.00	0.015

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	D	B'	H	γ	ϕ	c
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN/mc]	[MPa]
2	0.64	3.50	2.59	19.00	22.00	0.015

Verifica a ribaltamento
Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
10 - EQU (A1-M1-R3)	677.72	122.24	5.544
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	630.41	265.68	2.373

Verifica stabilità globale muro + terreno
Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
 R Raggio, espresso in [m]
 FS Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
7 - GEO (A2-M2-R2)	-0.50; 0.50	5.84	1.644
8 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-0.50; 3.00	8.09	1.713

Dettagli strisce verifiche stabilità
Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
 W peso della striscia espresso in [kN]
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
 ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [MPa]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [MPa]
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [MPa]

n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[MPa]	[MPa]	[kN]
1	6.17	0.31	5.33 - 0.38	76.645	24.791	0.000	0.0000	
2	15.40	2.20	0.38	64.446	24.791	0.000	0.0000	
3	20.69	2.20	0.38	56.672	24.791	0.000	0.0000	
4	24.60	2.20	0.38	50.313	17.912	0.012	0.0000	
5	27.65	2.20	0.38	44.729	17.912	0.012	0.0000	
6	30.19	2.20	0.38	39.647	17.912	0.012	0.0000	
7	32.31	2.20	0.38	34.919	17.912	0.012	0.0000	
8	34.74	2.20	0.38	30.451	17.912	0.012	0.0000	
9	36.66	2.20	0.38	26.181	17.912	0.012	0.0000	
10	37.91	2.20	0.38	22.063	17.912	0.012	0.0000	
11	38.92	2.20	0.38	18.062	17.912	0.012	0.0000	
12	39.73	2.20	0.38	14.151	17.912	0.012	0.0000	
13	40.33	2.20	0.38	10.307	17.912	0.012	0.0000	
14	39.69	2.03	0.38	6.509	17.912	0.012	0.0000	
15	49.32	0.00	0.38	2.740	17.912	0.012	0.0000	
16	16.65	0.00	0.38	-1.017	17.912	0.012	0.0000	
17	10.15	0.00	0.38	-4.779	17.912	0.012	0.0000	
18	9.25	0.00	0.38	-8.562	17.912	0.012	0.0000	
19	8.74	0.00	0.38	-12.382	17.912	0.012	0.0000	
20	8.03	0.00	0.38	-16.260	17.912	0.012	0.0000	
21	7.11	0.00	0.38	-20.217	17.912	0.012	0.0000	
22	5.97	0.00	0.38	-24.277	17.912	0.012	0.0000	

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	W	Qy	b	α	φ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[MPa]	[MPa]	[kN]
23	4.59	0.00	0.38	-28.473	17.912	0.012	0.0000	
24	2.93	0.00	0.38	-32.843	17.912	0.012	0.0000	
25	0.97	0.00	-4.24 - 0.38	-36.195	17.912	0.012	0.0000	

n°	W	Qy	b	α	φ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[MPa]	[MPa]	[kN]
1	4.40	0.00	7.02 - 0.46	63.972	30.000	0.000	0.0000	
2	12.20	0.00	0.46	57.697	30.000	0.000	0.0000	
3	18.35	0.00	0.46	51.957	30.000	0.000	0.0000	
4	23.39	0.00	0.46	46.888	30.000	0.000	0.0000	
5	27.62	0.00	0.46	42.265	30.000	0.000	0.0000	
6	31.09	0.00	0.46	37.963	22.000	0.015	0.0000	
7	34.06	0.00	0.46	33.901	22.000	0.015	0.0000	
8	36.61	0.00	0.46	30.025	22.000	0.015	0.0000	
9	38.80	0.00	0.46	26.297	22.000	0.015	0.0000	
10	40.98	0.00	0.46	22.685	22.000	0.015	0.0000	
11	43.50	0.00	0.46	19.166	22.000	0.015	0.0000	
12	44.79	0.00	0.46	15.721	22.000	0.015	0.0000	
13	45.81	0.00	0.46	12.334	22.000	0.015	0.0000	
14	46.58	0.00	0.46	8.990	22.000	0.015	0.0000	
15	47.10	0.00	0.46	5.677	22.000	0.015	0.0000	
16	56.41	0.00	0.46	2.383	22.000	0.015	0.0000	
17	17.79	0.00	0.46	-0.903	22.000	0.015	0.0000	
18	9.75	0.00	0.46	-4.192	22.000	0.015	0.0000	
19	8.94	0.00	0.46	-7.495	22.000	0.015	0.0000	
20	8.28	0.00	0.46	-10.824	22.000	0.015	0.0000	
21	7.38	0.00	0.46	-14.189	22.000	0.015	0.0000	
22	6.21	0.00	0.46	-17.606	22.000	0.015	0.0000	
23	4.78	0.00	0.46	-21.090	22.000	0.015	0.0000	
24	3.05	0.00	0.46	-24.657	22.000	0.015	0.0000	
25	1.02	0.00	-4.57 - 0.46	-27.398	22.000	0.015	0.0000	

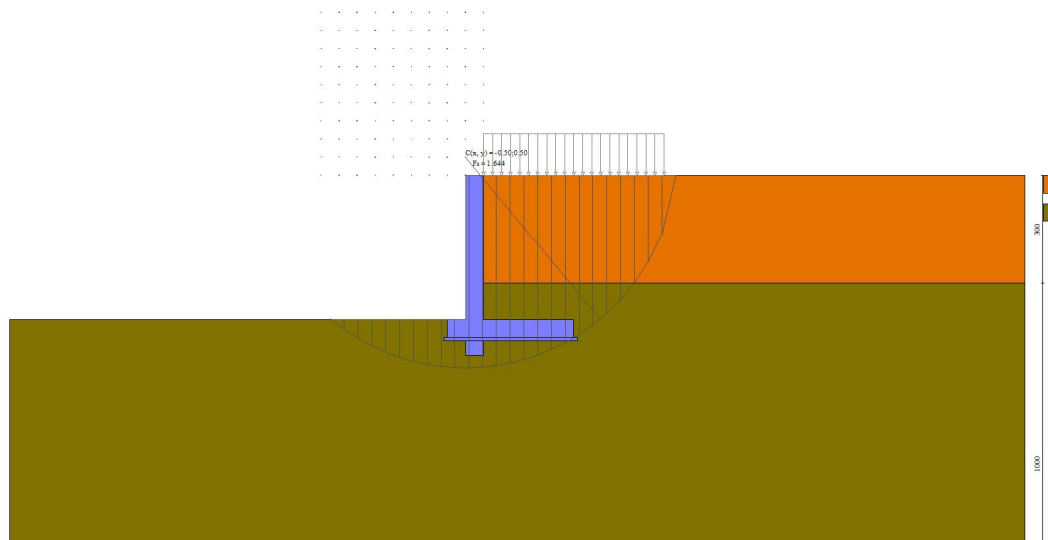


Figura 41: Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

Cedimenti

Simbologia adottata

Ic	Indice combinazione
X, Y	Punto di calcolo del cedimento, espressa in [m]
w	Cedimento, espressa in [cm]
dw	Cedimento differenziale, espressa in [cm]

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Ic	X; Y	w	dw
	[m]	[cm]	[cm]
13	-1.00; -4.50	2.935	0.115
13	0.75; -4.50	4.172	1.351
13	2.50; -4.50	2.821	0.000

Sollecitazioni
Elementi calcolati a trave
Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
 T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
 M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

n°	X	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.23	1.59	0.03	0.23	0.00	0.01
3	-0.20	2.45	3.19	0.11	0.52	0.01	0.05
4	-0.30	3.68	4.78	0.25	0.90	0.03	0.12
5	-0.40	4.90	6.37	0.45	1.34	0.06	0.23
6	-0.50	6.13	7.97	0.70	1.85	0.12	0.39
7	-0.60	7.36	9.56	1.01	2.44	0.20	0.60
8	-0.70	8.58	11.16	1.37	3.10	0.32	0.88
9	-0.80	9.81	12.75	1.79	3.84	0.48	1.23
10	-0.90	11.03	14.34	2.27	4.64	0.68	1.65
11	-1.00	12.26	15.94	2.80	5.52	0.93	2.16
12	-1.10	13.48	17.53	3.38	6.47	1.24	2.76
13	-1.20	14.71	19.12	4.03	7.50	1.61	3.45
14	-1.30	15.94	20.72	4.72	8.59	2.05	4.26
15	-1.40	17.16	22.31	5.48	9.76	2.56	5.17
16	-1.50	18.39	23.90	6.29	11.00	3.15	6.21
17	-1.60	19.61	25.50	7.16	12.32	3.82	7.38
18	-1.70	20.84	27.09	8.08	13.71	4.58	8.68
19	-1.80	22.07	28.68	9.05	15.17	5.44	10.12
20	-1.90	23.29	30.28	10.09	16.70	6.39	11.71
21	-2.00	24.52	31.87	11.18	18.30	7.46	13.46
22	-2.10	25.74	33.47	12.32	19.98	8.63	15.38
23	-2.20	26.97	35.06	13.52	21.73	9.92	17.46
24	-2.30	28.19	36.65	14.78	23.55	11.34	19.73
25	-2.40	29.42	38.25	16.10	25.45	12.88	22.18
26	-2.50	30.65	39.84	17.46	27.42	14.56	24.82
27	-2.60	31.87	41.43	18.89	29.46	16.37	27.66
28	-2.70	33.10	43.03	20.37	31.57	18.34	30.71
29	-2.80	34.32	44.62	21.91	33.76	20.45	33.98
30	-2.90	35.55	46.21	23.50	36.02	22.72	37.47
31	-3.00	36.78	47.81	25.15	38.35	25.15	41.18
32	-3.10	38.00	49.40	25.89	40.03	27.71	45.11
33	-3.20	39.23	51.00	26.60	41.73	30.33	49.19
34	-3.30	40.45	52.59	27.38	43.53	33.03	53.46
35	-3.40	41.68	54.18	28.23	45.42	35.81	57.90
36	-3.50	42.90	55.78	29.16	47.41	38.68	62.54
37	-3.60	44.13	57.37	30.16	49.49	41.64	67.39
38	-3.70	45.36	58.96	31.23	51.67	44.71	72.44
39	-3.80	46.58	60.56	32.38	53.94	47.89	77.72
40	-3.90	47.81	62.15	33.60	56.31	51.19	83.24
41	-4.00	49.03	63.74	34.89	58.78	54.61	88.99

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

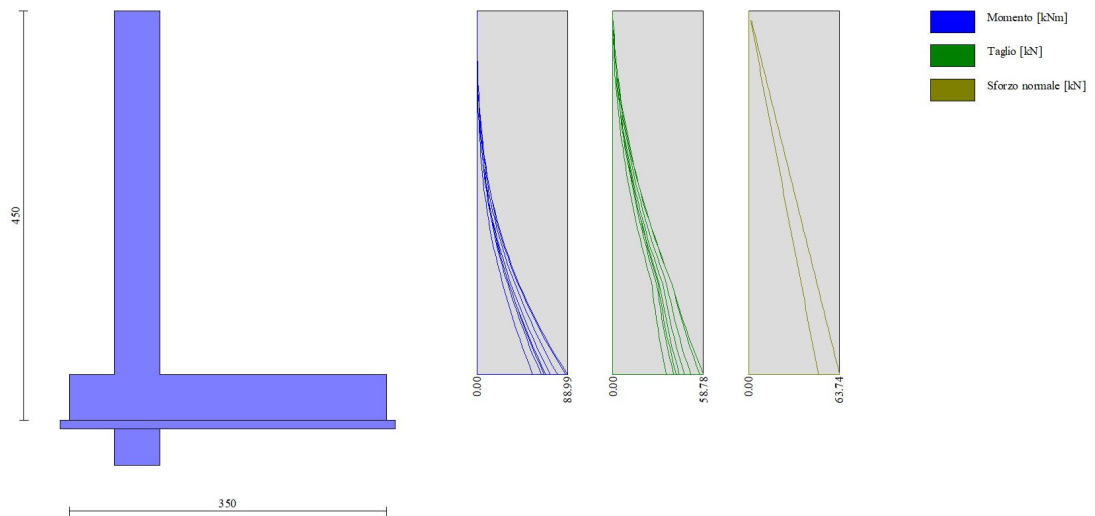


Figura 42: Paramento

Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori espressa in [cmq]
Afs	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente espressa in [kN]
Mu	momento ultimi espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	100	50	8.04	16.08	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000
2	100	50	8.04	16.08	0.01	1.59	56.62	8469.45	5314.645
3	100	50	8.04	16.08	0.05	3.19	126.27	8469.45	2657.323
4	100	50	8.04	16.08	0.12	4.78	208.90	8469.45	1771.548
5	100	50	8.04	16.08	0.23	6.37	301.35	8386.27	1315.612
6	100	50	8.04	16.08	0.39	7.97	384.44	7892.15	990.477
7	100	50	8.04	16.08	0.60	9.56	464.17	7367.75	770.554
8	100	50	8.04	16.08	0.88	11.16	537.16	6816.47	611.055
9	100	50	8.04	16.08	1.23	12.75	600.87	6250.95	490.315
10	100	50	8.04	16.08	1.65	14.34	654.04	5689.13	396.664
11	100	50	8.04	16.08	2.16	15.94	696.91	5150.11	323.173
12	100	50	8.04	16.08	2.76	17.53	730.95	4650.03	265.266
13	100	50	8.04	16.08	3.45	14.71	721.24	3072.23	208.850
14	100	50	8.04	16.08	4.26	15.94	679.43	2543.28	159.593
15	100	50	8.04	16.08	5.17	17.16	631.16	2093.34	121.976
16	100	50	8.04	16.08	6.21	18.39	583.77	1727.91	93.971
17	100	50	8.04	16.08	7.38	19.61	544.13	1446.55	73.752
18	100	50	8.04	16.08	8.68	20.84	503.22	1208.39	57.986

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
19	100	50	8.04	16.08	10.12	22.07	471.94	1028.86	46.628
20	100	50	8.04	16.08	11.71	23.29	443.50	881.83	37.861
21	100	50	8.04	16.08	13.46	24.52	421.35	767.28	31.296
22	100	50	8.04	16.08	15.38	25.74	403.65	675.75	26.250
23	100	50	8.04	16.08	17.46	26.97	389.21	601.10	22.289
24	100	50	8.04	16.08	19.73	28.19	377.24	539.20	19.124
25	100	50	8.04	16.08	22.18	29.42	367.17	487.13	16.557
26	100	50	8.04	16.08	24.82	30.65	358.59	442.81	14.449
27	100	50	8.04	16.08	27.66	31.87	351.22	404.69	12.697
28	100	50	8.04	16.08	30.71	33.10	344.83	371.61	11.228
29	100	50	8.04	16.08	33.98	34.32	339.23	342.68	9.984
30	100	50	8.04	16.08	37.47	35.55	334.30	317.20	8.923
31	100	50	8.04	16.08	41.18	36.78	329.93	294.62	8.011
32	100	50	8.04	16.08	45.11	38.00	326.09	274.72	7.229
33	100	50	8.04	16.08	49.19	39.23	322.73	257.34	6.560
34	100	50	8.04	16.08	53.46	40.45	319.75	241.97	5.982
35	100	50	8.04	16.08	57.90	41.68	317.10	228.25	5.476
36	100	50	8.04	16.08	62.54	42.90	314.68	215.87	5.031
37	100	50	8.04	16.08	67.39	44.13	312.30	204.52	4.634
38	100	50	8.04	16.08	72.44	45.36	310.12	194.16	4.281
39	100	50	8.04	16.08	77.72	46.58	308.12	184.67	3.964
40	100	50	8.04	16.08	83.24	47.81	306.28	175.92	3.680
41	100	50	8.04	16.08	88.99	49.03	304.58	167.83	3.423

Verifiche a taglio
Simbologia adottata

Is	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A _{sw}	area ferri a taglio espresso in [cmq]
cotgθ	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
V _{Rcd}	resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
V _{Rsd}	resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
V _{Rd}	resistenza di progetto a taglio espresso in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A _{sw} >0.0) V _{Rd} =min(V _{Rcd} , V _{Rsd}).
T	taglio agente espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	A _{sw}	cotgθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	100	50	0.00	--	0.00	0.00	236.69	0.00	100.000
2	100	50	0.00	--	0.00	0.00	236.86	0.23	1051.184
3	100	50	0.00	--	0.00	0.00	237.02	0.52	452.144
4	100	50	0.00	--	0.00	0.00	237.19	0.90	264.788
5	100	50	0.00	--	0.00	0.00	237.35	1.34	177.256
6	100	50	0.00	--	0.00	0.00	237.52	1.85	128.076
7	100	50	0.00	--	0.00	0.00	237.68	2.44	97.307
8	100	50	0.00	--	0.00	0.00	237.85	3.10	76.643
9	100	50	0.00	--	0.00	0.00	238.01	3.84	62.036
10	100	50	0.00	--	0.00	0.00	238.18	4.64	51.301
11	100	50	0.00	--	0.00	0.00	238.35	5.52	43.167
12	100	50	0.00	--	0.00	0.00	238.51	6.47	36.849
13	100	50	0.00	--	0.00	0.00	238.68	7.50	31.838
14	100	50	0.00	--	0.00	0.00	238.84	8.59	27.794
15	100	50	0.00	--	0.00	0.00	239.01	9.76	24.482
16	100	50	0.00	--	0.00	0.00	239.17	11.00	21.734
17	100	50	0.00	--	0.00	0.00	239.34	12.32	19.429
18	100	50	0.00	--	0.00	0.00	239.50	13.71	17.474
19	100	50	0.00	--	0.00	0.00	239.67	15.17	15.803
20	100	50	0.00	--	0.00	0.00	239.83	16.70	14.363
21	100	50	0.00	--	0.00	0.00	240.00	18.30	13.112
22	100	50	0.00	--	0.00	0.00	240.17	19.98	12.020
23	100	50	0.00	--	0.00	0.00	240.33	21.73	11.059
24	100	50	0.00	--	0.00	0.00	240.50	23.55	10.210
25	100	50	0.00	--	0.00	0.00	240.66	25.45	9.456
26	100	50	0.00	--	0.00	0.00	240.83	27.42	8.784

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	A _{sw}	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
27	100	50	0.00	--	0.00	0.00	240.99	29.46	8.181
28	100	50	0.00	--	0.00	0.00	241.16	31.57	7.638
29	100	50	0.00	--	0.00	0.00	241.32	33.76	7.148
30	100	50	0.00	--	0.00	0.00	241.49	36.02	6.705
31	100	50	0.00	--	0.00	0.00	241.65	38.35	6.301
32	100	50	0.00	--	0.00	0.00	241.82	40.03	6.040
33	100	50	0.00	--	0.00	0.00	241.99	41.73	5.798
34	100	50	0.00	--	0.00	0.00	242.15	43.53	5.563
35	100	50	0.00	--	0.00	0.00	242.32	45.42	5.335
36	100	50	0.00	--	0.00	0.00	242.48	47.41	5.115
37	100	50	0.00	--	0.00	0.00	242.65	49.49	4.903
38	100	50	0.00	--	0.00	0.00	242.81	51.67	4.700
39	100	50	0.00	--	0.00	0.00	242.98	53.94	4.504
40	100	50	0.00	--	0.00	0.00	243.14	56.31	4.318
41	100	50	0.00	--	0.00	0.00	243.31	58.78	4.139

Verifica delle tensioni
Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espressa in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori, espressa in [cmq]
Afs	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente, espressa in [kN]
σc	tensione di compressione nel cls, espressa in [MPa]
σfi	tensione nei ferri inferiori, espressa in [MPa]
σfs	tensione nei ferri superiori, espressa in [MPa]

Combinazioni SLER
Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	19.920	[MPa]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	360.000	[MPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	100	50	8.04	16.08	0.00	0.00	0.000 (13)	0.000 (13)	0.000 (13)
2	100	50	8.04	16.08	0.01	1.23	0.003 (13)	0.031 (13)	0.038 (13)
3	100	50	8.04	16.08	0.04	2.45	0.006 (13)	0.057 (13)	0.081 (13)
4	100	50	8.04	16.08	0.09	3.68	0.009 (13)	0.077 (13)	0.130 (13)
5	100	50	8.04	16.08	0.17	4.90	0.013 (13)	0.089 (13)	0.187 (13)
6	100	50	8.04	16.08	0.29	6.13	0.018 (13)	0.092 (13)	0.254 (13)
7	100	50	8.04	16.08	0.45	7.36	0.024 (13)	0.085 (13)	0.332 (13)
8	100	50	8.04	16.08	0.66	8.58	0.031 (13)	0.066 (13)	0.422 (13)
9	100	50	8.04	16.08	0.93	9.81	0.039 (13)	0.032 (13)	0.526 (13)
10	100	50	8.04	16.08	1.25	11.03	0.049 (13)	0.036 (13)	0.653 (13)
11	100	50	8.04	16.08	1.63	12.26	0.062 (13)	0.161 (13)	0.808 (13)
12	100	50	8.04	16.08	2.09	13.48	0.078 (13)	0.370 (13)	0.996 (13)
13	100	50	8.04	16.08	2.62	14.71	0.097 (13)	0.691 (13)	1.219 (13)
14	100	50	8.04	16.08	3.23	15.94	0.120 (13)	1.144 (13)	1.478 (13)
15	100	50	8.04	16.08	3.93	17.16	0.147 (13)	1.745 (13)	1.772 (13)
16	100	50	8.04	16.08	4.72	18.39	0.178 (13)	2.503 (13)	2.099 (13)
17	100	50	8.04	16.08	5.61	19.61	0.213 (13)	3.423 (13)	2.460 (13)
18	100	50	8.04	16.08	6.60	20.84	0.252 (13)	4.512 (13)	2.855 (13)
19	100	50	8.04	16.08	7.70	22.07	0.294 (13)	5.776 (13)	3.285 (13)
20	100	50	8.04	16.08	8.91	23.29	0.342 (13)	7.221 (13)	3.751 (13)
21	100	50	8.04	16.08	10.25	24.52	0.393 (13)	8.855 (13)	4.256 (13)
22	100	50	8.04	16.08	11.71	25.74	0.449 (13)	10.684 (13)	4.800 (13)
23	100	50	8.04	16.08	13.30	26.97	0.510 (13)	12.716 (13)	5.386 (13)
24	100	50	8.04	16.08	15.03	28.19	0.576 (13)	14.960 (13)	6.015 (13)
25	100	50	8.04	16.08	16.90	29.42	0.647 (13)	17.422 (13)	6.689 (13)
26	100	50	8.04	16.08	18.92	30.65	0.723 (13)	20.112 (13)	7.410 (13)

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
27	100	50	8.04	16.08	21.10	31.87	0.805 (13)	23.037 (13)	8.180 (13)
28	100	50	8.04	16.08	23.43	33.10	0.893 (13)	26.206 (13)	9.000 (13)
29	100	50	8.04	16.08	25.93	34.32	0.987 (13)	29.626 (13)	9.872 (13)
30	100	50	8.04	16.08	28.59	35.55	1.087 (13)	33.306 (13)	10.799 (13)
31	100	50	8.04	16.08	31.44	36.78	1.194 (13)	37.255 (13)	11.781 (13)
32	100	50	8.04	16.08	34.42	38.00	1.306 (13)	41.419 (13)	12.808 (13)
33	100	50	8.04	16.08	37.49	39.23	1.421 (13)	45.716 (13)	13.861 (13)
34	100	50	8.04	16.08	40.66	40.45	1.539 (13)	50.157 (13)	14.944 (13)
35	100	50	8.04	16.08	43.93	41.68	1.661 (13)	54.753 (13)	16.058 (13)
36	100	50	8.04	16.08	47.30	42.90	1.786 (13)	59.514 (13)	17.207 (13)
37	100	50	8.04	16.08	50.79	44.13	1.917 (13)	64.452 (13)	18.392 (13)
38	100	50	8.04	16.08	54.40	45.36	2.051 (13)	69.577 (13)	19.617 (13)
39	100	50	8.04	16.08	58.15	46.58	2.190 (13)	74.901 (13)	20.882 (13)
40	100	50	8.04	16.08	62.03	47.81	2.335 (13)	80.435 (13)	22.192 (13)
41	100	50	8.04	16.08	66.06	49.03	2.484 (13)	86.189 (13)	23.548 (13)

Combinazioni SLEF
Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 33.200 [MPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [MPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	100	50	8.04	16.08	0.00	0.00	0.000 (14)	0.000 (14)	0.000 (14)
2	100	50	8.04	16.08	0.01	1.23	0.003 (14)	0.031 (14)	0.037 (14)
3	100	50	8.04	16.08	0.03	2.45	0.005 (14)	0.059 (14)	0.079 (14)
4	100	50	8.04	16.08	0.07	3.68	0.009 (14)	0.081 (14)	0.126 (14)
5	100	50	8.04	16.08	0.14	4.90	0.013 (14)	0.096 (14)	0.180 (14)
6	100	50	8.04	16.08	0.25	6.13	0.017 (14)	0.103 (14)	0.243 (14)
7	100	50	8.04	16.08	0.39	7.36	0.023 (14)	0.101 (14)	0.315 (14)
8	100	50	8.04	16.08	0.58	8.58	0.029 (14)	0.088 (14)	0.399 (14)
9	100	50	8.04	16.08	0.81	9.81	0.037 (14)	0.062 (14)	0.496 (14)
10	100	50	8.04	16.08	1.11	11.03	0.046 (14)	0.017 (14)	0.610 (14)
11	100	50	8.04	16.08	1.46	12.26	0.057 (14)	0.071 (14)	0.748 (14)
12	100	50	8.04	16.08	1.88	13.48	0.071 (14)	0.225 (14)	0.917 (14)
13	100	50	8.04	16.08	2.37	14.71	0.088 (14)	0.473 (14)	1.120 (14)
14	100	50	8.04	16.08	2.93	15.94	0.109 (14)	0.841 (14)	1.360 (14)
15	100	50	8.04	16.08	3.59	17.16	0.134 (14)	1.350 (14)	1.635 (14)
16	100	50	8.04	16.08	4.33	18.39	0.163 (14)	2.011 (14)	1.945 (14)
17	100	50	8.04	16.08	5.16	19.61	0.195 (14)	2.833 (14)	2.289 (14)
18	100	50	8.04	16.08	6.09	20.84	0.232 (14)	3.821 (14)	2.666 (14)
19	100	50	8.04	16.08	7.13	22.07	0.272 (14)	4.981 (14)	3.077 (14)
20	100	50	8.04	16.08	8.28	23.29	0.317 (14)	6.320 (14)	3.524 (14)
21	100	50	8.04	16.08	9.55	24.52	0.366 (14)	7.843 (14)	4.009 (14)
22	100	50	8.04	16.08	10.94	25.74	0.419 (14)	9.557 (14)	4.531 (14)
23	100	50	8.04	16.08	12.46	26.97	0.478 (14)	11.471 (14)	5.094 (14)
24	100	50	8.04	16.08	14.11	28.19	0.541 (14)	13.591 (14)	5.700 (14)
25	100	50	8.04	16.08	15.90	29.42	0.609 (14)	15.926 (14)	6.349 (14)
26	100	50	8.04	16.08	17.83	30.65	0.682 (14)	18.482 (14)	7.044 (14)
27	100	50	8.04	16.08	19.92	31.87	0.761 (14)	21.270 (14)	7.786 (14)
28	100	50	8.04	16.08	22.16	33.10	0.846 (14)	24.295 (14)	8.577 (14)
29	100	50	8.04	16.08	24.56	34.32	0.936 (14)	27.568 (14)	9.420 (14)
30	100	50	8.04	16.08	27.13	35.55	1.033 (14)	31.095 (14)	10.315 (14)
31	100	50	8.04	16.08	29.87	36.78	1.136 (14)	34.886 (14)	11.265 (14)
32	100	50	8.04	16.08	32.74	38.00	1.243 (14)	38.886 (14)	12.258 (14)
33	100	50	8.04	16.08	35.70	39.23	1.354 (14)	43.012 (14)	13.276 (14)
34	100	50	8.04	16.08	38.75	40.45	1.468 (14)	47.275 (14)	14.322 (14)
35	100	50	8.04	16.08	41.90	41.68	1.586 (14)	51.685 (14)	15.398 (14)
36	100	50	8.04	16.08	45.14	42.90	1.707 (14)	56.254 (14)	16.507 (14)
37	100	50	8.04	16.08	48.50	44.13	1.832 (14)	60.991 (14)	17.651 (14)
38	100	50	8.04	16.08	51.98	45.36	1.962 (14)	65.909 (14)	18.832 (14)
39	100	50	8.04	16.08	55.58	46.58	2.096 (14)	71.018 (14)	20.053 (14)
40	100	50	8.04	16.08	59.32	47.81	2.235 (14)	76.329 (14)	21.316 (14)

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
41	100	50	8.04	16.08	63.20	49.03	2.379 (14)	81.855 (14)	22.624 (14)

Combinazioni SLEQ
Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 14.940 [MPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [MPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	100	50	8.04	16.08	0.00	0.00	0.000 (15)	0.000 (15)	0.000 (15)
2	100	50	8.04	16.08	0.01	1.23	0.003 (16)	0.033 (15)	0.037 (16)
3	100	50	8.04	16.08	0.02	2.45	0.005 (16)	0.064 (15)	0.078 (16)
4	100	50	8.04	16.08	0.07	3.68	0.009 (16)	0.092 (15)	0.124 (16)
5	100	50	8.04	16.08	0.13	4.90	0.013 (16)	0.117 (15)	0.178 (16)
6	100	50	8.04	16.08	0.24	6.13	0.017 (16)	0.136 (15)	0.240 (16)
7	100	50	8.04	16.08	0.38	7.36	0.023 (16)	0.148 (15)	0.313 (16)
8	100	50	8.04	16.08	0.57	8.58	0.029 (16)	0.151 (15)	0.398 (16)
9	100	50	8.04	16.08	0.82	9.81	0.037 (16)	0.145 (15)	0.498 (16)
10	100	50	8.04	16.08	1.13	11.03	0.046 (16)	0.128 (15)	0.616 (16)
11	100	50	8.04	16.08	1.50	12.26	0.058 (16)	0.098 (15)	0.762 (16)
12	100	50	8.04	16.08	1.95	13.48	0.073 (16)	0.271 (16)	0.943 (16)
13	100	50	8.04	16.08	2.48	14.71	0.092 (16)	0.564 (16)	1.163 (16)
14	100	50	8.04	16.08	3.09	15.94	0.115 (16)	0.998 (16)	1.423 (16)
15	100	50	8.04	16.08	3.80	17.16	0.142 (16)	1.594 (16)	1.721 (16)
16	100	50	8.04	16.08	4.61	18.39	0.174 (16)	2.364 (16)	2.057 (16)
17	100	50	8.04	16.08	5.53	19.61	0.210 (16)	3.315 (16)	2.429 (16)
18	100	50	8.04	16.08	6.56	20.84	0.250 (16)	4.453 (16)	2.839 (16)
19	100	50	8.04	16.08	7.71	22.07	0.295 (16)	5.786 (16)	3.287 (16)
20	100	50	8.04	16.08	8.98	23.29	0.344 (16)	7.320 (16)	3.776 (16)
21	100	50	8.04	16.08	10.39	24.52	0.398 (16)	9.063 (16)	4.306 (16)
22	100	50	8.04	16.08	11.94	25.74	0.458 (16)	11.024 (16)	4.881 (16)
23	100	50	8.04	16.08	13.64	26.97	0.523 (16)	13.213 (16)	5.501 (16)
24	100	50	8.04	16.08	15.49	28.19	0.593 (16)	15.637 (16)	6.170 (16)
25	100	50	8.04	16.08	17.50	29.42	0.669 (16)	18.308 (16)	6.889 (16)
26	100	50	8.04	16.08	19.67	30.65	0.752 (16)	21.233 (16)	7.661 (16)
27	100	50	8.04	16.08	22.02	31.87	0.840 (16)	24.423 (16)	8.487 (16)
28	100	50	8.04	16.08	24.55	33.10	0.935 (16)	27.887 (16)	9.370 (16)
29	100	50	8.04	16.08	27.26	34.32	1.037 (16)	31.636 (16)	10.312 (16)
30	100	50	8.04	16.08	30.17	35.55	1.146 (16)	35.678 (16)	11.316 (16)
31	100	50	8.04	16.08	33.27	36.78	1.262 (16)	40.025 (16)	12.382 (16)
32	100	50	8.04	16.08	36.58	38.00	1.386 (16)	44.670 (16)	13.510 (16)
33	100	50	8.04	16.08	39.99	39.23	1.513 (16)	49.484 (16)	14.673 (16)
34	100	50	8.04	16.08	43.51	40.45	1.644 (16)	54.473 (16)	15.872 (16)
35	100	50	8.04	16.08	47.16	41.68	1.780 (16)	59.648 (16)	17.108 (16)
36	100	50	8.04	16.08	50.94	42.90	1.921 (16)	65.021 (16)	18.386 (16)
37	100	50	8.04	16.08	54.85	44.13	2.066 (16)	70.605 (16)	19.708 (16)
38	100	50	8.04	16.08	58.92	45.36	2.217 (16)	76.412 (16)	21.076 (16)
39	100	50	8.04	16.08	63.13	46.58	2.374 (16)	82.455 (16)	22.493 (16)
40	100	50	8.04	16.08	67.52	47.81	2.537 (16)	88.747 (16)	23.963 (16)
41	100	50	8.04	16.08	72.07	49.03	2.706 (16)	95.301 (16)	25.487 (16)

Verifica a fessurazione
Simbologia adottata

n° indice sezione
 Y ordinata sezione espressa in [m]
 B larghezza sezione espresso in [cm]
 H altezza sezione espressa in [cm]
 Af area ferri zona tesa espresso in [cmq]
 Aeff area efficace espressa in [cmq]
 M momento agente espressa in [kNm]
 Mpf momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
 ϵ deformazione espresso in %
 Sm spaziatura tra le fessure espressa in [mm]

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

w apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLEF

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.40$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (14)
2	100	50	0.00	0.00	0.01	9.46	0.000000	0.00	0.000 (14)
3	100	50	0.00	0.00	0.03	23.74	0.000000	0.00	0.000 (14)
4	100	50	0.00	0.00	0.07	45.29	0.000000	0.00	0.000 (14)
5	100	50	0.00	0.00	0.14	78.93	0.000000	0.00	0.000 (14)
6	100	50	0.00	0.00	0.25	135.75	0.000000	0.00	0.000 (14)
7	100	50	0.00	0.00	0.39	247.65	0.000000	0.00	0.000 (14)
8	100	50	0.00	0.00	0.58	557.01	0.000000	0.00	0.000 (14)
9	100	50	0.00	0.00	0.81	4871.83	0.000000	0.00	0.000 (14)
10	100	50	0.00	0.00	1.11	1034.75	0.000000	0.00	0.000 (14)
11	100	50	16.08	1250.00	1.46	538.67	0.000000	0.00	0.000 (14)
12	100	50	16.08	1250.00	1.88	392.27	0.000000	0.00	0.000 (14)
13	100	50	16.08	1250.00	2.37	322.61	0.000000	0.00	0.000 (14)
14	100	50	16.08	1250.00	2.93	282.11	0.000000	0.00	0.000 (14)
15	100	50	16.08	1250.00	3.59	255.78	0.000000	0.00	0.000 (14)
16	100	50	16.08	1250.00	4.33	237.37	0.000000	0.00	0.000 (14)
17	100	50	16.08	1250.00	5.16	223.84	0.000000	0.00	0.000 (14)
18	100	50	16.08	1250.00	6.09	213.51	0.000000	0.00	0.000 (14)
19	100	50	16.08	1250.00	7.13	205.40	0.000000	0.00	0.000 (14)
20	100	50	16.08	1250.00	8.28	198.88	0.000000	0.00	0.000 (14)
21	100	50	16.08	1250.00	9.55	193.55	0.000000	0.00	0.000 (14)
22	100	50	16.08	1250.00	10.94	189.11	0.000000	0.00	0.000 (14)
23	100	50	16.08	1250.00	12.46	185.38	0.000000	0.00	0.000 (14)
24	100	50	16.08	1250.00	14.11	182.19	0.000000	0.00	0.000 (14)
25	100	50	16.08	1250.00	15.90	179.46	0.000000	0.00	0.000 (14)
26	100	50	16.08	1250.00	17.83	177.08	0.000000	0.00	0.000 (14)
27	100	50	16.08	1250.00	19.92	175.00	0.000000	0.00	0.000 (14)
28	100	50	16.08	1250.00	22.16	173.18	0.000000	0.00	0.000 (14)
29	100	50	16.08	1250.00	24.56	171.56	0.000000	0.00	0.000 (14)
30	100	50	16.08	1250.00	27.13	170.12	0.000000	0.00	0.000 (14)
31	100	50	16.08	1250.00	29.87	168.83	0.000000	0.00	0.000 (14)
32	100	50	16.08	1250.00	32.74	167.69	0.000000	0.00	0.000 (14)
33	100	50	16.08	1250.00	35.70	166.71	0.000000	0.00	0.000 (14)
34	100	50	16.08	1250.00	38.75	165.86	0.000000	0.00	0.000 (14)
35	100	50	16.08	1250.00	41.90	165.09	0.000000	0.00	0.000 (14)
36	100	50	16.08	1250.00	45.14	164.41	0.000000	0.00	0.000 (14)
37	100	50	16.08	1250.00	48.50	163.79	0.000000	0.00	0.000 (14)
38	100	50	16.08	1250.00	51.98	163.23	0.000000	0.00	0.000 (14)
39	100	50	16.08	1250.00	55.58	162.71	0.000000	0.00	0.000 (14)
40	100	50	16.08	1250.00	59.32	162.23	0.000000	0.00	0.000 (14)
41	100	50	16.08	1250.00	63.20	161.78	0.000000	0.00	0.000 (14)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (15)
2	100	50	0.00	0.00	0.00	1.37	0.000000	0.00	0.000 (15)
3	100	50	0.00	0.00	0.01	5.64	0.000000	0.00	0.000 (15)
4	100	50	0.00	0.00	0.03	13.29	0.000000	0.00	0.000 (15)
5	100	50	0.00	0.00	0.06	25.29	0.000000	0.00	0.000 (15)
6	100	50	0.00	0.00	0.12	43.50	0.000000	0.00	0.000 (15)

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
7	100	50	0.00	0.00	0.20	71.56	0.000000	0.00	0.000 (15)
8	100	50	0.00	0.00	0.32	117.26	0.000000	0.00	0.000 (15)
9	100	50	0.00	0.00	0.48	200.50	0.000000	0.00	0.000 (15)
10	100	50	0.00	0.00	0.68	391.08	0.000000	0.00	0.000 (15)
11	100	50	0.00	0.00	0.93	1224.21	0.000000	0.00	0.000 (15)
12	100	50	0.00	0.00	1.24	2120.17	0.000000	0.00	0.000 (15)
13	100	50	16.08	1250.00	1.61	688.58	0.000000	0.00	0.000 (15)
14	100	50	16.08	1250.00	2.05	451.31	0.000000	0.00	0.000 (15)
15	100	50	16.08	1250.00	2.56	354.38	0.000000	0.00	0.000 (15)
16	100	50	16.08	1250.00	3.15	302.03	0.000000	0.00	0.000 (15)
17	100	50	16.08	1250.00	3.82	269.44	0.000000	0.00	0.000 (15)
18	100	50	16.08	1250.00	4.58	247.33	0.000000	0.00	0.000 (15)
19	100	50	16.08	1250.00	5.44	231.40	0.000000	0.00	0.000 (15)
20	100	50	16.08	1250.00	6.39	219.45	0.000000	0.00	0.000 (15)
21	100	50	16.08	1250.00	7.46	210.17	0.000000	0.00	0.000 (15)
22	100	50	16.08	1250.00	8.63	202.80	0.000000	0.00	0.000 (15)
23	100	50	16.08	1250.00	9.92	196.81	0.000000	0.00	0.000 (15)
24	100	50	16.08	1250.00	11.34	191.87	0.000000	0.00	0.000 (15)
25	100	50	16.08	1250.00	12.88	187.73	0.000000	0.00	0.000 (15)
26	100	50	16.08	1250.00	14.56	184.22	0.000000	0.00	0.000 (15)
27	100	50	16.08	1250.00	16.37	181.22	0.000000	0.00	0.000 (15)
28	100	50	16.08	1250.00	18.34	178.63	0.000000	0.00	0.000 (15)
29	100	50	16.08	1250.00	20.45	176.37	0.000000	0.00	0.000 (15)
30	100	50	16.08	1250.00	22.72	174.39	0.000000	0.00	0.000 (15)
31	100	50	16.08	1250.00	25.15	172.64	0.000000	0.00	0.000 (15)
32	100	50	16.08	1250.00	27.71	171.12	0.000000	0.00	0.000 (15)
33	100	50	16.08	1250.00	30.33	169.83	0.000000	0.00	0.000 (15)
34	100	50	16.08	1250.00	33.03	168.72	0.000000	0.00	0.000 (15)
35	100	50	16.08	1250.00	35.81	167.75	0.000000	0.00	0.000 (15)
36	100	50	16.08	1250.00	38.68	166.88	0.000000	0.00	0.000 (15)
37	100	50	16.08	1250.00	41.64	166.10	0.000000	0.00	0.000 (15)
38	100	50	16.08	1250.00	44.71	165.40	0.000000	0.00	0.000 (15)
39	100	50	16.08	1250.00	47.89	164.75	0.000000	0.00	0.000 (15)
40	100	50	16.08	1250.00	51.19	164.16	0.000000	0.00	0.000 (15)
41	100	50	16.08	1250.00	54.61	163.61	0.000000	0.00	0.000 (15)

12. VERIFICA DEL MURO AD U SUL LATO DESTRO DELLO SCATOLARE

Sul lato destro dello scatolare si realizzeranno dei muri di sostegno ad U giuntati rispetto allo scatolare, quindi partono con la medesima altezza e scendono con pendenza 3/1 sino all'altezza di 1.0 m. I muri di sostegno finiscono con un risvolto verso l'esterno in modo da generare un angolo di circa 20° rispetto alla direttrice dell'asse stradale.

Il muro accostato allo scatolare ha la stessa quota di imposta della fondazione che avrà uno spessore di 90 cm. I paramenti avranno lo stesso spessore (90cm) sino all'altezza di 4.0 m. Oltre l'altezza di 4.0 m il paramento avrà uno spessore pari a 50 cm.

12.1. MODELLO DI CALCOLO E VERIFICHE MURO DI ALTEZZA 7.0M

Come modello di calcolo (si vedano le figure successive) si è assunto lo schema statico di telaio chiuso analizzato attraverso un'analisi elastico-lineare attraverso il programma di calcolo agli elementi finiti Midas Gen.

La mesh (si vedano le figure seguenti) è composta da 20 beam elements. Tale telaio viene descritto attraverso le linee d'asse delle singole membrature e pertanto, le aste del modello avranno lunghezza pari alla dimensione netta interna maggiorate della metà degli spessori delle aste adiacenti.

L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici.

Il suolo viene modellato facendo ricorso all'usuale artificio delle molle elastiche alla Winkler. La soletta inferiore viene divisa in 8 elementi per poter schematizzare, tramite le molle applicate, l'interazione terreno-struttura.

Considerando un numero fisso e pari a 9 di molle elastiche, la caratteristica elastica della generica molla viene calcolata attraverso la formulazione di Vogt:

$$k_s = \frac{1.33 \cdot E}{\sqrt[3]{b t^2 \cdot b l}}$$

- K_s = costante di sottofondo [F/L^3]
- b_t = dimensione trasversale dell'opera
- b_l = dimensione longitudinale dell'opera
- E = modulo di Young del terreno

E (MPa)	10
Numero di molle per unità di lunghezza	9
b_t (m)	8.90
b_l (m)	1.00
$K_{verticale}$ (kN/m ³)	3096.88

Nella presente relazione si adotta un modulo di reazione verticale
 $K_v = 3096 \text{ kN/m}^3$

PROGETTAZIONE ATI:

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle, ottenendo per le 3 molle centrali un valore di:

$$K_{centrale} = K_s * (L_p/2 + L_{int} + L_p/2) / 9$$

$$K7, \dots K9 = 3061.6 \text{ kN/m}$$

I valori delle molle di spigolo si ottengono con la seguente formulazione:

$$K1 = K2 = 2 * K_s * [(L_p/2 + L_{int} + L_p/2) / 9 / 2 + (L_p/2)] = 5848 \text{ kN/m}$$

ed infine in valori delle molle nei nodi 5,6,10 e 11 come da letteratura si assumono:

$$K5 = K6 = K10 = K11 = 1.5 * K_{centrale} = 4592.4 \text{ kN/m}$$

Agli effetti delle caratteristiche geometriche delle varie aste si è quindi assunto:

-una sezione rettangolare b x h = 1.00 x 0.90 m per la soletta di fondazione

-una sezione rettangolare b x h = 1.00 x 0.90 m per i piedritti

Per le aste del reticolo si è assunto:

$$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm}/10]^{0.3} = 33643 \text{ MPa; modulo elastico del cls}$$

Lo schema statico della struttura e la relativa numerazione dei nodi e delle aste sono riportati nella figura 45.

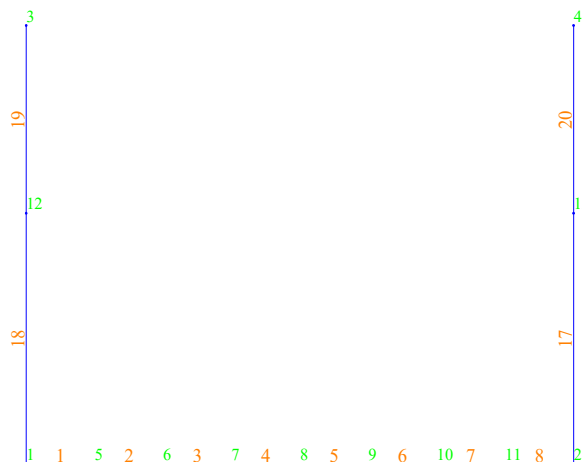


Figura 43: Modello di calcolo implementato

I	Name	Type	Standard	DB	Poisso	Thermal (1/[C]	Density (kN/m^3	Mass Density (kN/m^3/g
1	Calcestruzz	Concret	NTC18 (RC	C28/3	0.2	1.0000e-005	2.5000e+001	2.5493e+000

Tabella 25: Materiale da modello di calcolo

12.1.1. ANALISI DEI CARICHI

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Nel seguente paragrafo, sulla base di quanto riportato al capitolo precedente, si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza in esercizio ed in presenza dell'evento sismico per la struttura in oggetto.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato:	25.0 kN/m ³
- rilevato	20.0 kN/m ³
- sovrastruttura stradale	22.0 kN/m ³

12.1.2. PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI (G1)

I pesi propri degli elementi strutturali per metro lineare di struttura sono i seguenti:

- soletta inferiore	$0.90 \cdot 25 = 22.50 \text{ kN/m}^2$
- piedritti	$0.90 \cdot 25 = 22.50 \text{ kN/m}^2$

12.1.3. CARICHI PERMANENTI PORTATI (G2)

I carichi permanenti portati (per metro lineare di struttura in obliquo) sono i seguenti:

- peso sovr. stradale soletta inf.	$0.50 \cdot 22 = 11.00 \text{ kN/m}^2$
- peso rilevato soletta inf.	$0.50 \cdot 20 = 10.00 \text{ kN/m}^2$

Carico "2" nel modello di calcolo.

12.1.4. SPINTA DEL TERRENO (G3)

Si assumono per il terreno costituente il rinfilo del muro i seguenti parametri geotecnici (terreno LS4):

$\gamma_t = 19 \text{ kN/m}^3$	
$\phi = 22^\circ$	per gli SL STR
$\phi = 17.9^\circ$	per gli SL GEO

I coefficienti di spinta a riposo e di spinta attiva valgono rispettivamente:

$k_0 = 1 - \sin\phi = 0.625$	per gli SL STR
$k_0 = 1 - \sin\phi = 0.695$	per gli SL GEO

Le pressioni del terreno relative alla spinta a riposo ed alla spinta attiva, in corrispondenza dell'estradosso e dell'intradosso dello scatolare risultano essere le seguenti:

$$p_{z=7.00} = k_0 \cdot (q_0 + \gamma \cdot z) = 0.625 \cdot 19 \cdot 7.00 \quad \cong 83.12 \text{ kN/m}^2 \quad \text{per gli SL STR}$$

(rappresenta il carico "3" nel modello di calcolo)

$$p_{z=7.00} = k_0 \cdot (q_0 + \gamma \cdot z) = 0.695 \cdot 19 \cdot 7.00 \quad \cong 92.43 \text{ kN/m}^2 \quad \text{per gli SL STR}$$

(rappresenta il carico "13" nel modello di calcolo)

PROGETTAZIONE ATI:

Naturalmente queste spinte saranno opportunamente combinate, utilizzando i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

12.1.5. CARICHI MOBILI VERTICALI SULLA SOLETTA DI FONDAZIONE

Ai fini della determinazione delle azioni variabili da traffico, l'opera in oggetto è considerata come un ponte stradale di **1° Categoria**. Il calcolo dello scatolare viene eseguito per una striscia trasversale di 1m. Si considera la striscia maggiormente sollecitata al disotto della prima colonna di carico di larghezza 3.00m. La colonna è larga 3.00 m ed i carichi da considerare valgono (già dinamizzati):

- 1) Distribuito: $q_{1k} = 9.00 \text{ kN/mq}$
- 2) Concentrati : $Q_{1k} = 300 \text{ kN}$, ovvero 150kN a impronta, per n° 4 posti alla distanza relativa di 1.20m (Tandem) x 2.00 m.

La ripartizione dei carichi si effettua considerando il carico isolato da 150 kN con impronta quadrata di lato 0.4 m.

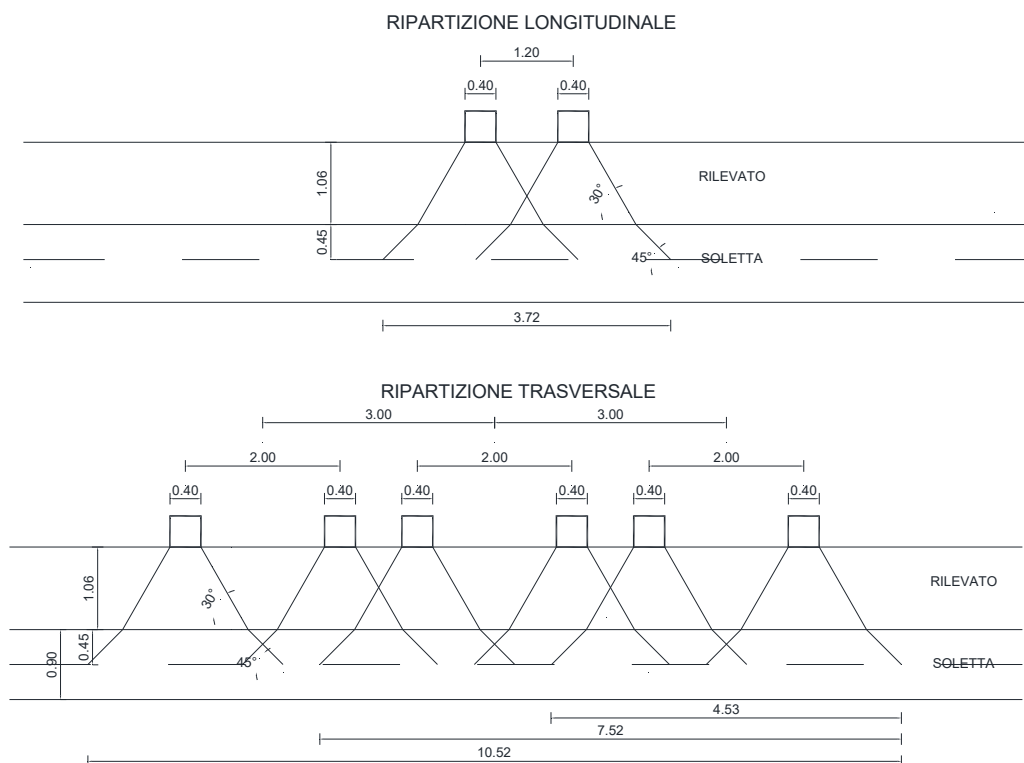


Figura 44: Schema di ripartizione dei carichi mobili

Il carico è schematizzato da due assi da 150 kN disposti ad interasse di 1.20m. per la determinazione delle lunghezze di diffusione a vantaggio di sicurezza è stato adottato lo spessore minimo di ricoprimento della struttura dello scatolare.

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Si procede al calcolo dei carichi per metro lineare riferiti al baricentro della soletta per i diversi treni di carico. Si considera una larghezza di ripartizione trasversale massima pari alla larghezza della corsia di carico di 3.00 m pertanto:

$$q_{1k} = 600 / (L_L \cdot L_{T1})$$

$$q_{1k} = (600+400) / (L_L \cdot L_{T2})$$

$$q_{1k} = (600+400+200) / (L_L \cdot L_{T3})$$

L_L	3.00 m	q_{2k}	9.00 kN/m ²
L_{T1}	4.53 m	q_{1k}	44.15 kN/m ²
L_{T2}	7.54 m	q_{1k}	44.20 kN/m ²
L_{T3}	10.54 m	q_{1k}	38.02 kN/m ²

Si applica il carico della condizione più sfavorevole pari a 44.20 kN/m² applicato su tutta la larghezza del sottovia.

12.1.6. SPINTA DEL SOVRACCARICO SUL RILEVATO

La spinta sul manufatto dovuto alla presenza del sovraccarico sul rilevato è definita applicando un carico pari a 20 kN/m alla quota della pavimentazione stradale.

Si considera la spinta agente solo sulla parete sinistra:

$$q_s = 20.00 \text{ kN/m}$$

$$p_s (\text{STR}) = q_s K_0 = 12.50 \text{ kN/m}$$

$$p_s (\text{GEO}) = q_s K_0 = 13.90 \text{ kN/m}$$

condizioni di carico "11" e "12" nel modello di calcolo.

Si considera un altro caso di carico con 10kN/m di sovraccarico variabile sul rilevato.

La spinta del sovraccarico sul rilevato è definita in due condizioni di carico:

$$q_s = 10.00 \text{ kN/m}$$

$$p_{s1} (\text{str}) = q_s K_0 = 6.25 \text{ kN/m}$$

(condizione di carico "9" su entrambi i piedritti);

$$p_{s1} (\text{geo}) = q_s K_0 = 6.95 \text{ kN/m}$$

(condizione di carico "9.1" su entrambi i piedritti);

il carico agisce contemporaneamente ai carichi mobili sulla struttura ed è applicato in due condizioni separate su un solo lato dello scatolare (condizione di carico "11_STR" e "12_GEO" nel modello di calcolo adottando coefficienti pari a 0.5 nelle combinazioni di carico) e su entrambi i piedritti contemporaneamente (condizioni di carico "9_STR" e "9.1_GEO" nel modello di calcolo).

12.1.7. AZIONE SISMICA

Nelle verifiche allo Stato Limite Ultimo, nel caso in esame lo SLV, i valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot a_{\max} / g = 1.0 \cdot 0.309 \cdot g = 0.309 \, g$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = \pm 0.155 \, g$$

dove:

$$a_{\max} = 0.309 \, g$$

accelerazione orizzontale massima attesa al sito (vedi § 6.3)

$$g = 9.81 \, \text{m/s}^2$$

accelerazione di gravità;

$$\beta_m = 1.0$$

coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito funzione del tipo di sottosuolo, assunto pari ad 1 in quanto la struttura non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno;

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti, di cui la componente verticale è considerata agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli. La risultante delle forze inerziali orizzontali indotte dal sisma viene valutata con la seguente espressione:

$$F_h = P \cdot k_h$$

$$F_v = P \cdot k_v$$

L'incremento dinamico di spinta del terreno, considerando lo scatolare come una struttura rigida completamente vincolata (NT par. 7.11.6.2.1 e EC8-5 par.7.3.2.1) in modo tale che non può svilupparsi nel terreno uno stato di spinta attiva, è calcolato mediante la seguente relazione:

$$\Delta P_d = k_h \cdot \gamma \cdot h_{\text{tot}} = 0.309 \cdot 19 \cdot 7.0 = 41.09 \, \text{kN/ml allo SLV}$$

Essendo " ΔP_d " la risultante globale, ed il diagramma di spinta di tipo rettangolare, è immediato ricavare la quota parte della spinta che agisce sul piedritto dello scatolare. Il punto di applicazione della spinta che interessa il muro è posto $h_{\text{mi}}/2$, con " h_{tot} " altezza dal piano di progetto alla fondazione del muro e h_m l'altezza del muro.

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nel nodo 1, la parte di sovraspinta esercitata su 1/2 spessore della soletta inferiore.

Spinta semispessore sol. inf.

$$F_3 = 2.77 \, \text{kN}$$

12.1.8. FORZE SISMICHE ORIZZONTALI E VERTICALI

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti ed applicate nei rispettivi baricentri.

Forze d'inerzia orizzontali sul muro SLV.

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$$F_{o, \text{piedritto sp90}} = \pm 6.94 \text{ kN/m}^2;$$

$$F_{o, \text{piedritto sp50}} = \pm 3.85 \text{ kN/m}^2;$$

Forze d'inerzia verticali sul muro SLV.

$$F_{v, \text{piedritto sp90}} = \pm 3.48 \text{ kN/m}^2;$$

$$F_{v, \text{piedritto sp50}} = \pm 1.93 \text{ kN/m}^2;$$

$$F_{v, \text{soletta base}} = \pm 3.48 \text{ kN/m}^2;$$

$$F_{v, \text{paviment}} = \pm 3.25 \text{ kN/m}^2;$$

$$F_{v, \text{tot soletta di base}} = \pm 6.73 \text{ kN/m}^2;$$

12.1.1. VERIFICHE DELLE SEZIONI

Si riportano di seguito le verifiche nelle condizioni di SLE ed SLU eseguite con il software GeoStru RC-SEC v.20.8.1001.

Si riportano in forma grafica le caratteristiche delle sollecitazioni per singola condizione di carico:

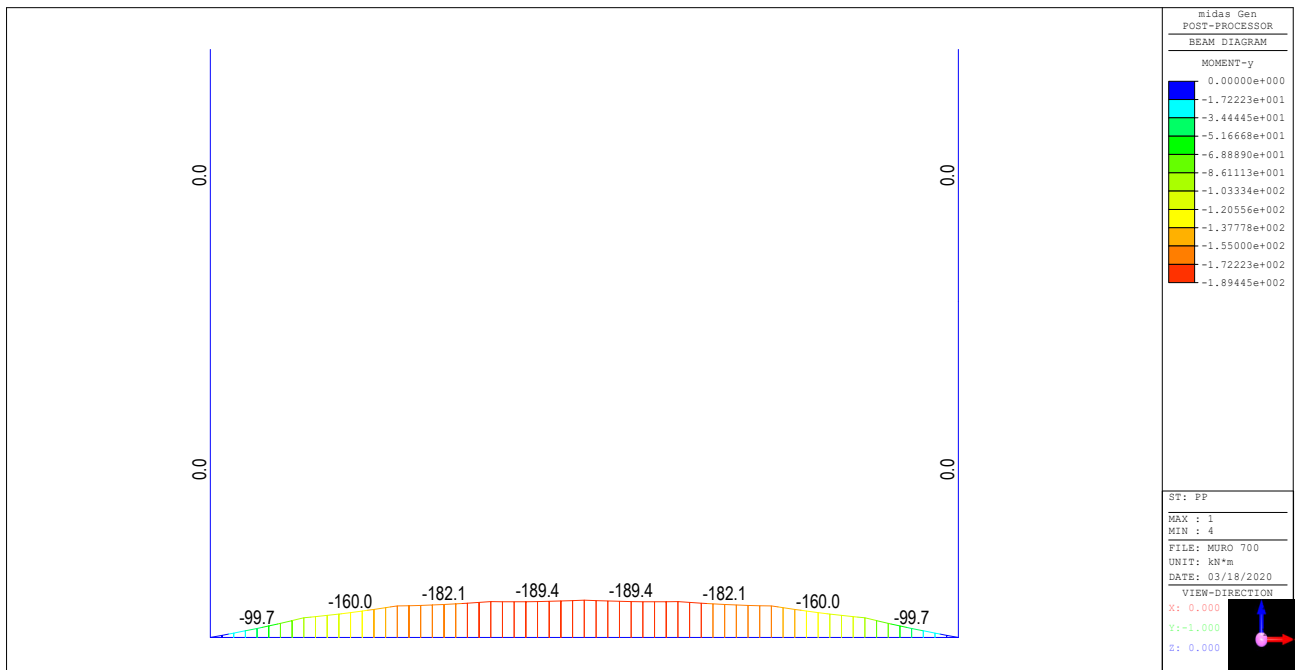


Figura 45: Sollecitazione flessionale per peso proprio

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

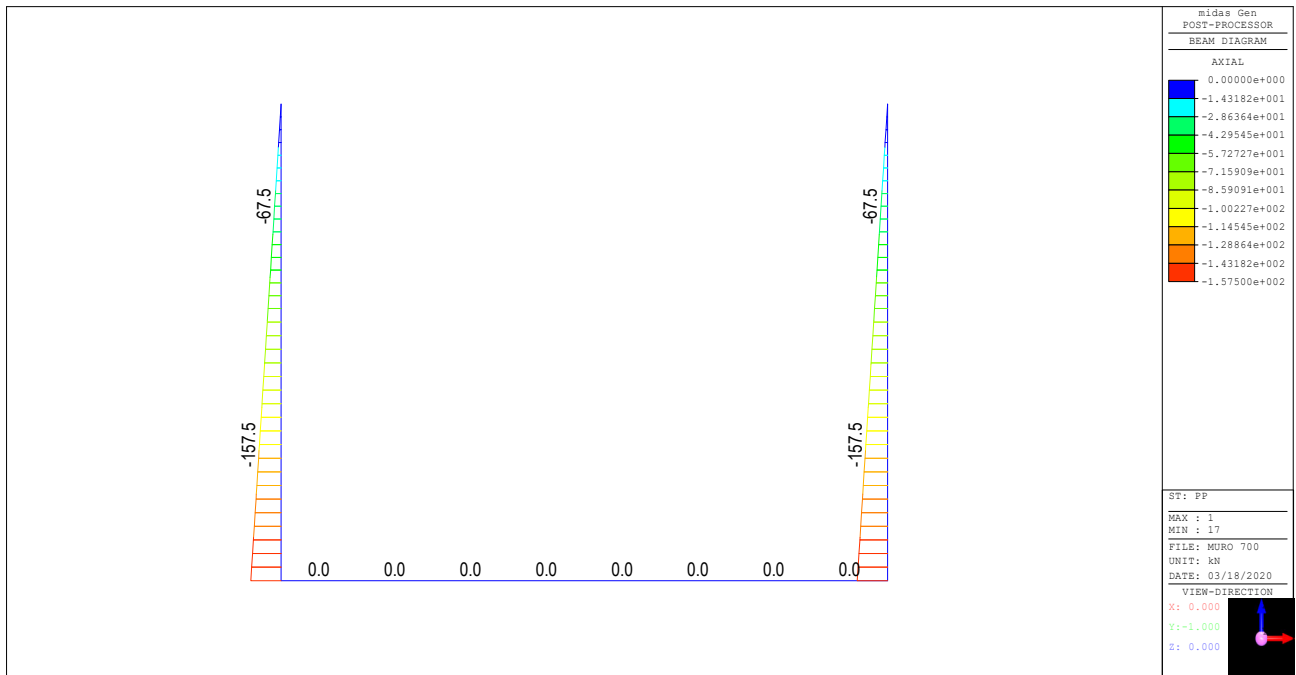


Figura 46: Sforzo normale per peso proprio

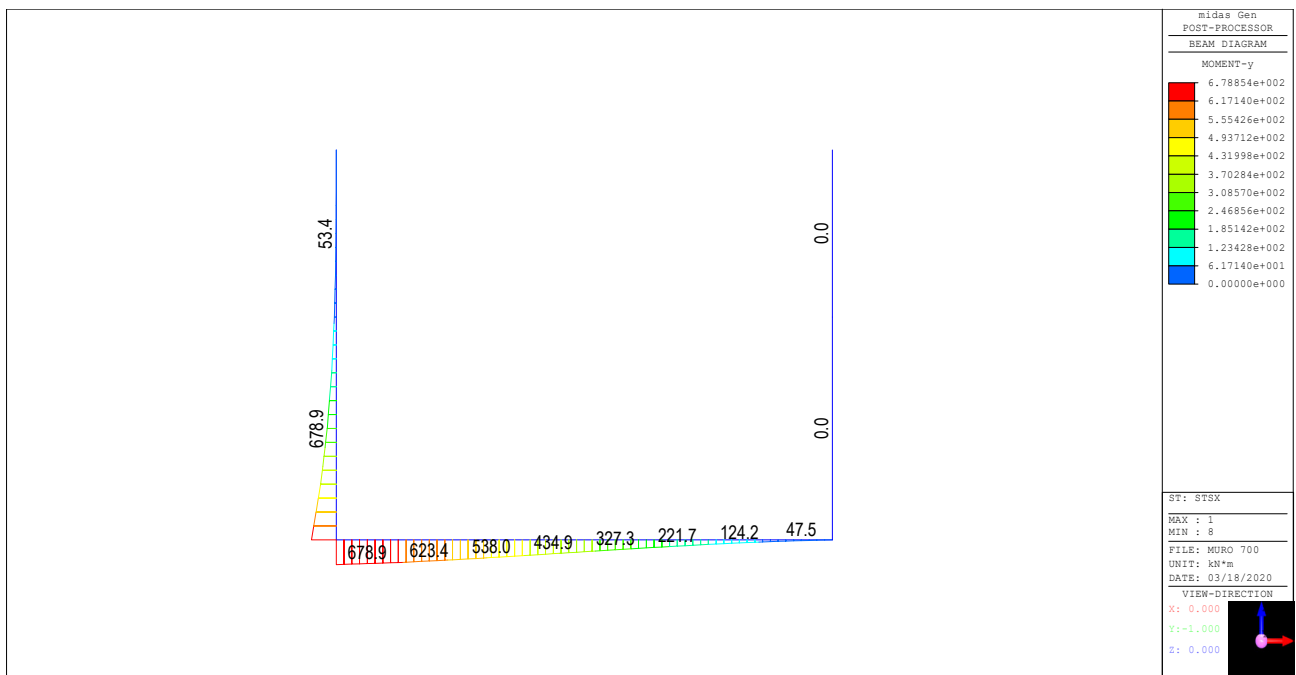


Figura 47: Sollecitazione di flessione per spinta del rilevato

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

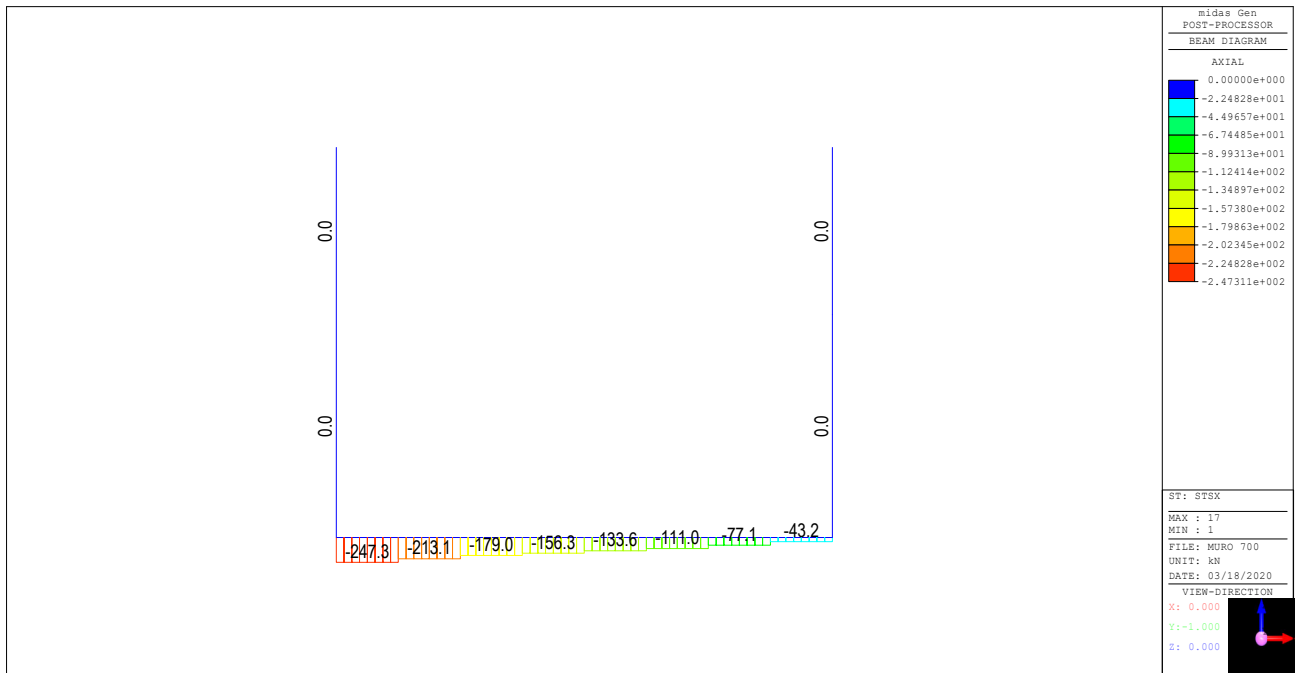


Figura 48: sollecitazione di sforzo normale per spinta del rilevato

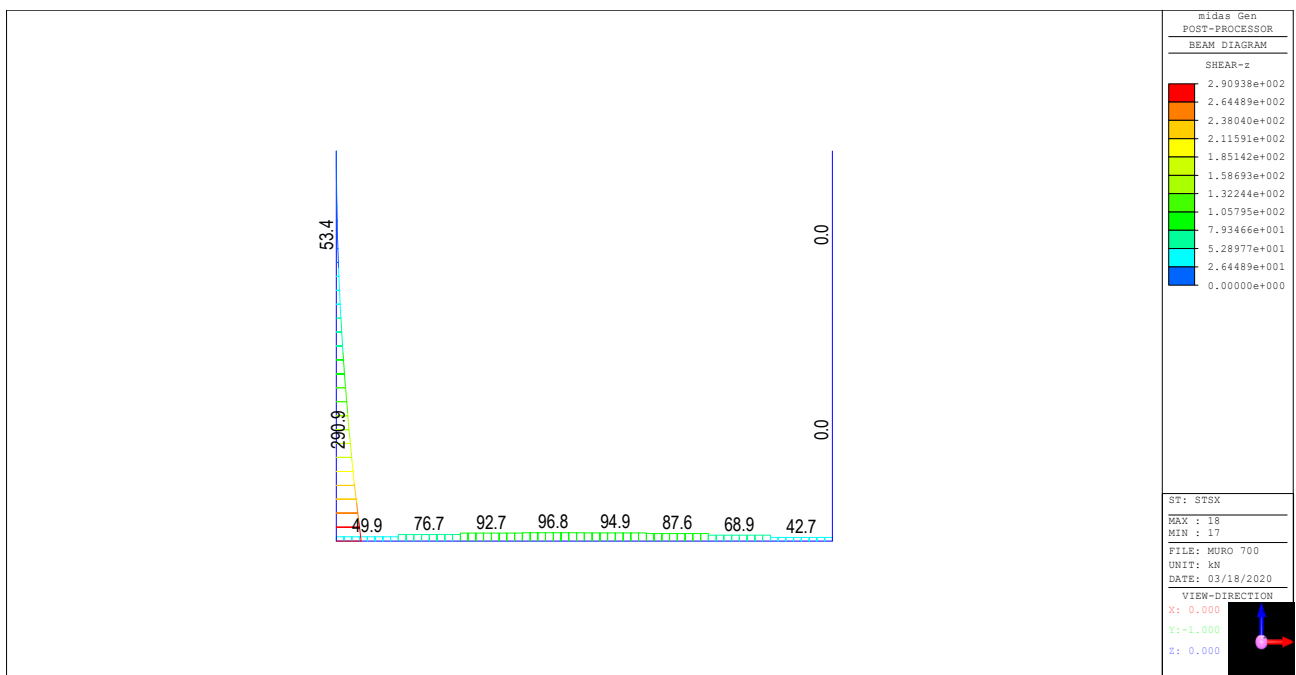


Figura 49: sollecitazione di taglio per spinta del rilevato

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

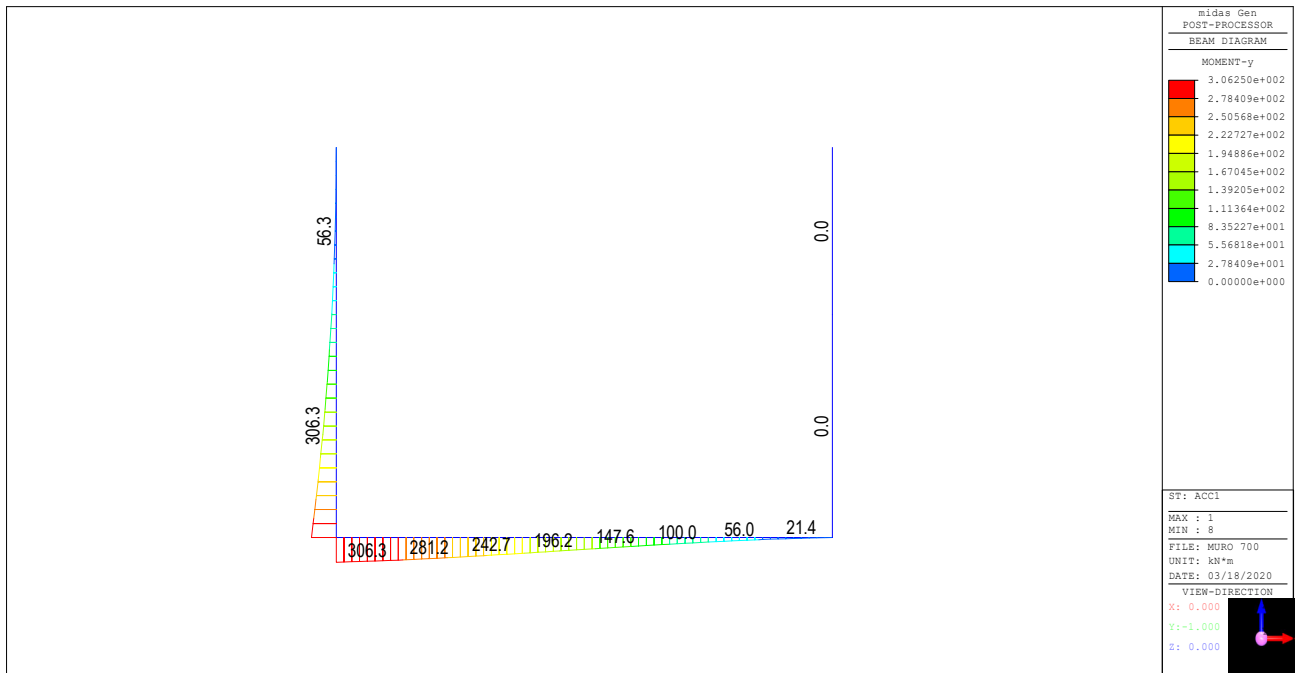


Figura 50: sollecitazione di flessione per sovraccarico sul rilevato

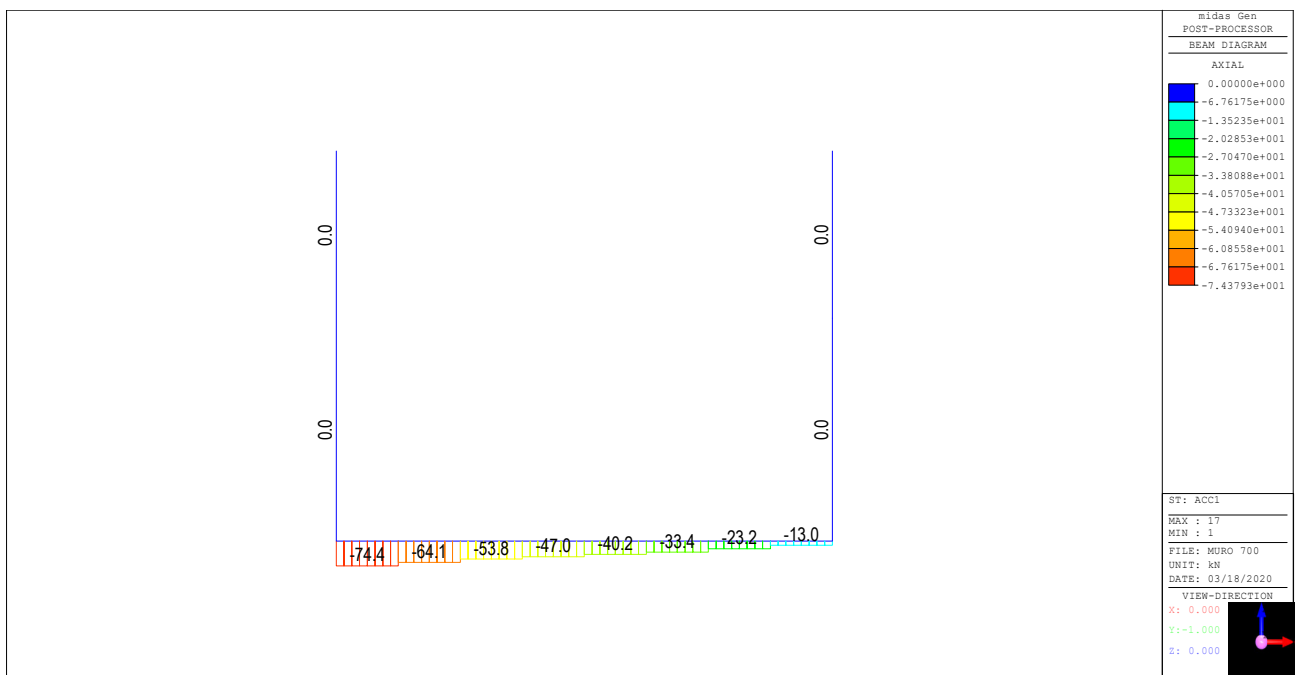


Figura 51: sforzo normale per sovraccarico sul rilevato

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

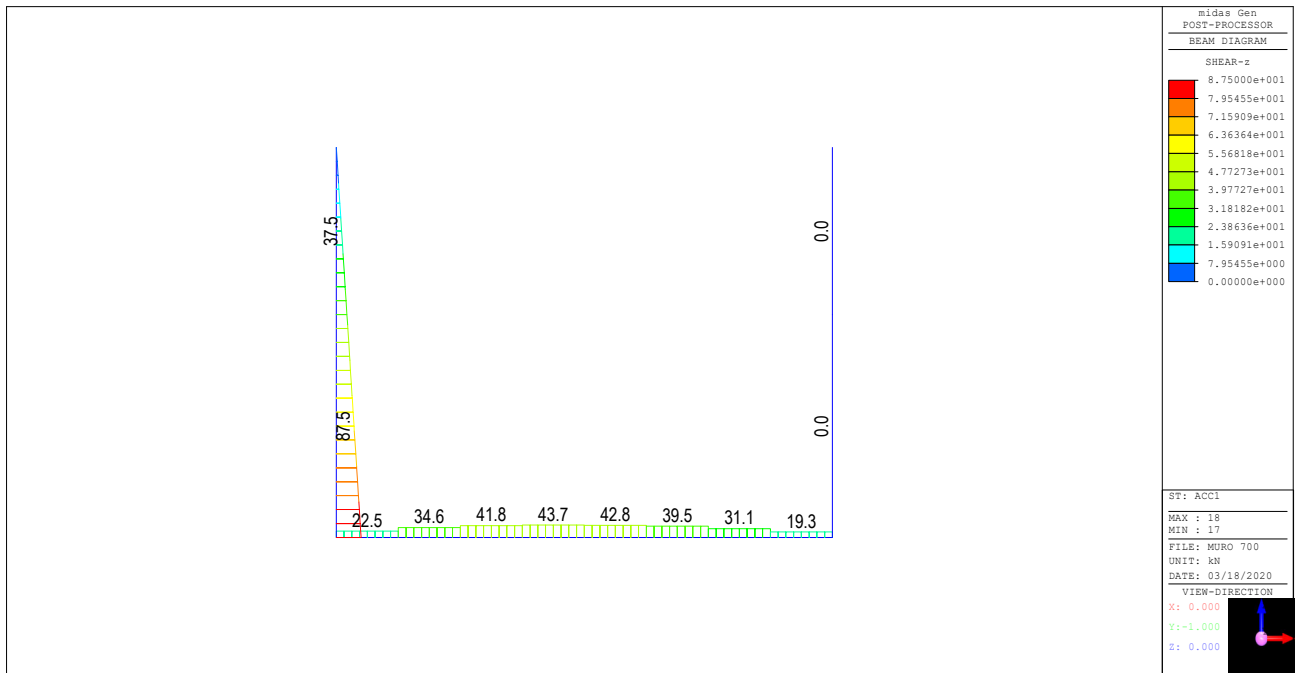


Figura 52: sollecitazione di taglio per sovraccarico sul rilevato

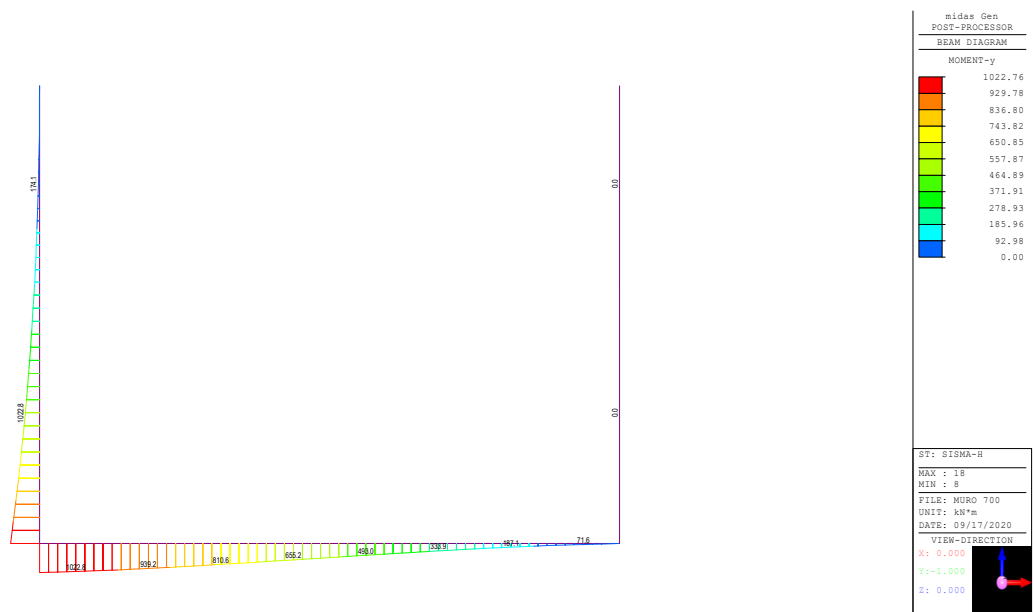


Figura 53: sollecitazione di flessione per sisma orizzontale

PROGETTAZIONE ATI:

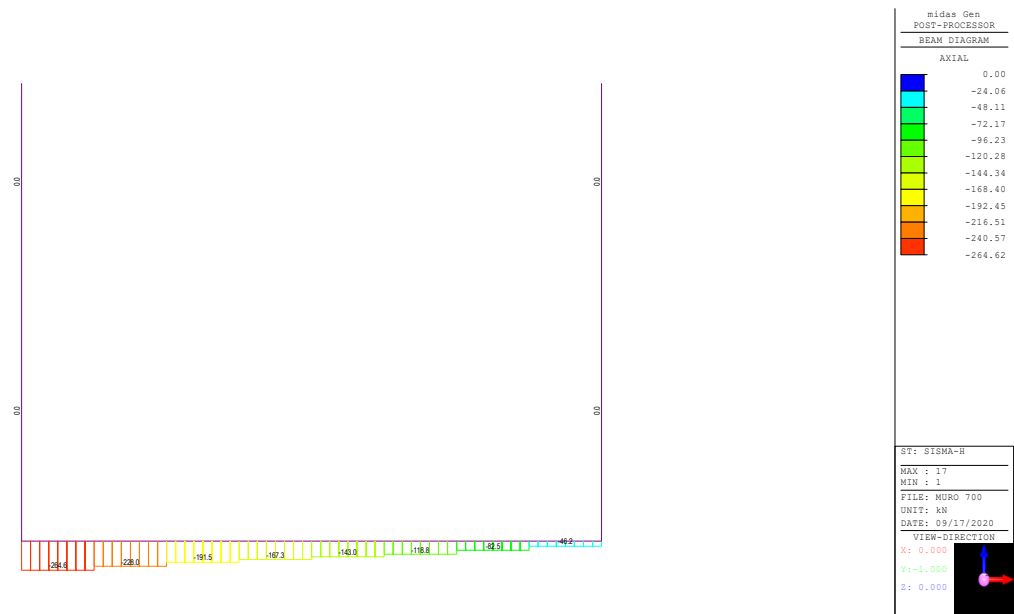


Figura 54: sforzo normale per sisma orizzontale

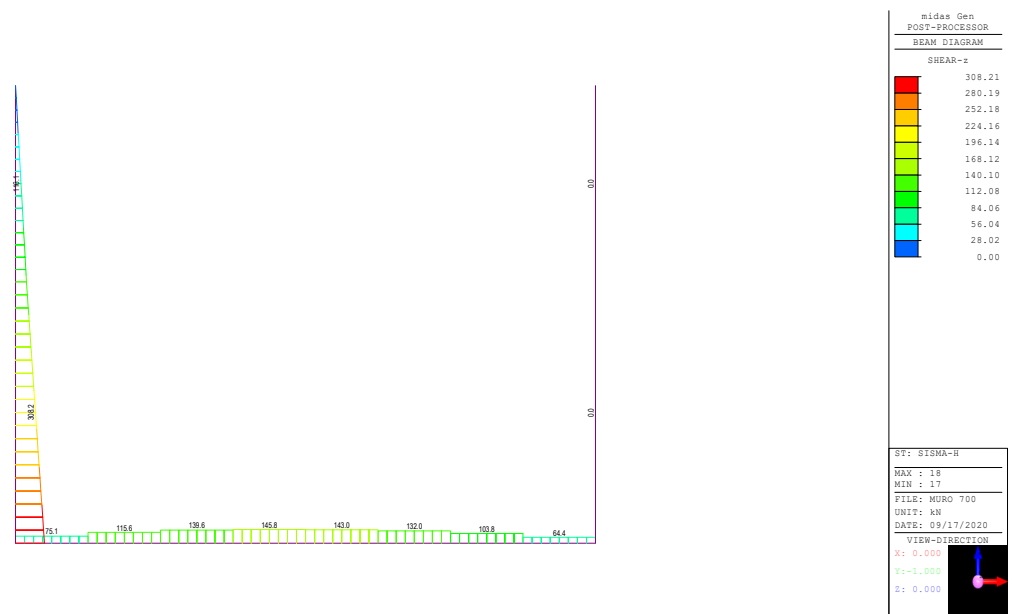


Figura 55: sollecitazione di taglio per sisma orizzontale

Si riportano di seguito le verifiche strutturali per le sezioni significative:

- S1: Incastro tra piedritto e fondazione;
- S2: Incastro tra fondazione e piedritto;
- S3: Centro platea di fondazione;
- S4: Sezione muro sp.50cm;

PROGETTAZIONE ATI:

Le sezioni di verifica sono riportate nella figura seguente.

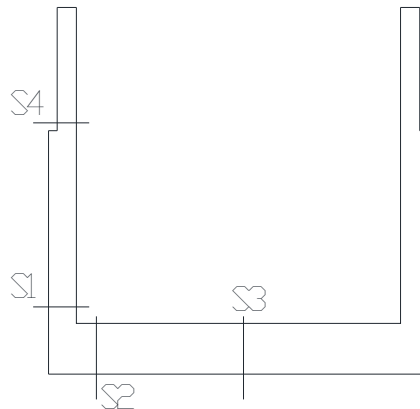


Figura 56: Sezioni di verifica

Sezione S1

Le sollecitazioni nella sezione di verifica per singola condizione di carico sono riportate in tabella seguente:

Elem	Load	Axial (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)
40	PP	-166.25	0	0
40	PERM	0	0	0
40	STSX	0	-292.11	-710.8
40	RITIRO	0	0	0
40	TU-TF	0	0	0
40	TANDEM-	0	0	0
40	GR-U	0	0	0
40	TANDEM-	0	0	0
40	SP-10	0	0	0
40	F-AVV	0	0	0
40	ACC1	0	-112.13	-409.27
40	ACC2	0	-88.11	-321.61
40	STSX_GEO	0	-329.6	-802.01
40	SISMA-H	0	-313.51	-1223.56

Le sollecitazioni nella sezione di verifica combinate secondo le combinazioni innanzi riportate sono:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

	SN (kN)	V(kN)	M(kNm)
Combinazione fondamentale SLU	-224.44	-545.72	-1512.09
Combinazione SLU (sisma STR)	-166.25	-628.05	-2016.21
Combinazione SLU (sisma GEO)	-166.25	-628.05	-2016.21
Combinazione SLE Rara	-166.25	-404.24	-1120.07
Combinazione SLE Frequente	-166.25	-359.39	-956.36
Combinazione SLE QP	-166.25	-292.11	-710.80

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.
NOME SEZIONE: S1_7m

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Tipologia sezione: Sezione generica
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Poco aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -
 Classe: C32/40
 Resis. compr. di calcolo fcd: 18.810 MPa
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec: 33643.0 MPa
 Resis. media a trazione fctm: 3.100 MPa
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00
 Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: 199.20 daN/cm²
 Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: 0.400 mm
 Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 0.00 Mpa
 Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 0.300 mm

ACCIAIO -
 Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk: 450.00 MPa
 Resist. caratt. rottura ftk: 450.00 MPa
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 391.30 MPa
 Resist. ultima di calcolo ftd: 391.30 MPa
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068
 Modulo Elastico Ef: 200000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito
 Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
 Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	90.0

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

3	50.0	90.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.6	7.4	26
2	-42.6	82.6	26
3	42.6	82.6	26
4	42.6	7.4	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	26
2	2	3	8	26

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre				
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate				
N°Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza				
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata				

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	42.6	76.8	0.0	1	20
2	21.3	76.8	0.0	1	20
3	0.0	76.8	0.0	1	20
4	-21.3	76.8	0.0	1	20
5	-42.6	76.8	0.0	1	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	224.44	-1512.09	0.00	0.00	0.00
2	166.25	-2016.21	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)				

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	166.25	-1120.07	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	166.25	-956.36 (-591.56)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	166.25	-710.80 (-597.32)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.1 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.5 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	224.44	-1512.09	0.00	224.60	-2109.41	0.00	1.393	-----
2	S	166.25	-2016.21	0.00	166.19	-2088.95	0.00	1.036	-----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00643	-50.0	0.0	0.00159	-42.6	7.4	-0.01777	-42.6	82.6
2	0.00350	-0.00673	-50.0	0.0	0.00156	-42.6	7.4	-0.01849	-42.6	82.6

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000257482	0.003500000	----	----
2	0.000000000	-0.000262391	0.003500000	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	8.89	-50.0	0.0	-221.4	33.1	82.6	2450	68.8	9.5	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	7.62	-50.0	0.0	-187.5	-4.7	82.6	2450	68.8	7.5	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm	$= 1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
wk	Distanza media tra le fessure [mm]
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-5.0	0	0.125	24	61.0	0.617	0.00058 (0.00037)	180	0.177 (0.40)	-591.56	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.70	50.0	0.0	-136.6	33.1	82.6	2450	68.8	9.5	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.7	0	0.125	24	61.0	0.647	0.00044 (0.00027)	184	0.138 (0.30)	-597.32	0.00

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE

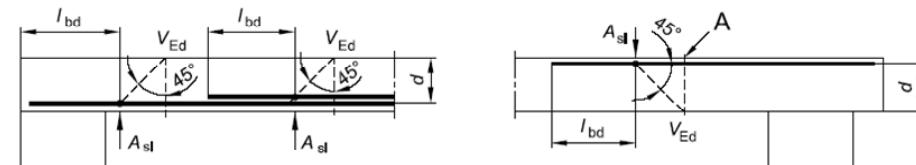
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	628.05	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.49	[-]
		1.49	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.0083294	[-]
		0.0083294	[-]

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	447.23	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	303.60	[kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	447.23	[kN]
§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO			
Diametro delle staffe	ϕ_{sw}	12	[mm]
Numero di braccia	n_b	4	[-]
Passo delle staffe	s	200	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	θ	45	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	A_{sw}	452	[mm ²]
Braccio della coppia interna	z	743.4	[mm]
Cotangente di θ	$\cot\theta$	1.00	[-]
		1.00	[-]
Cotangente di α	$\cot\alpha$	0.00	[-]
Seno di α	$\sin\alpha$	1.00	[-]
Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)	V_{Rsd}	657.99	[kN]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f'_{cd}	9.41	[MPa]
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	3496.46	[kN]
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot\theta = 1$	$A_{sw,max}$	2884.71	[mm]
Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	657.99	[kN]
§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE			
Resistenza massima a taglio della trave	V_{Rd}	3884.95	[kN]

PROGETTAZIONE ATI:

Sezione S2

Le sollecitazioni nella sezione di verifica per singola condizione di carico sono riportate in tabella seguente:

Load	Axial (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)
PP	0	72.64	0
PERM	0	-25.76	0
STX	-257.18	47.67	710.8
RITIRO	-18.78	0	0
TU-TF	0	0	0
TANDEM-	0	-59.94	0
GR-U	0	-12.2	0
TANDEM-	0	0	0
SP-10	0	0	0
F-AVV	0	0	0
ACC1	-98.72	27.45	409.27
ACC2	-81.75	19.44	321.61
STX GEO	-290.19	53.79	802.01
SISMA-H	-264.62	75.11	1223.56
SISMA-V	0	-8.78	0

Le sollecitazioni nella sezione di verifica combinate secondo le combinazioni innanzi riportate sono:

	SN (kN)	V(kN)	M(kNm)
Combinazione fondamentale SLU	-503.00	164.70	1512.09
Combinazione SLU (sisma STR)	-560.32	172.52	2016.21
Combinazione SLU (sisma GEO)	-560.32	172.52	2016.21
Combinazione SLE Rara	-367.17	122.00	1120.07
Combinazione SLE Frequente	-327.68	111.02	956.36
Combinazione SLE QP	-266.57	94.55	710.80

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: S2

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	Sezione generica
Tipologia sezione:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Poco aggressive
Condizioni Ambientali:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Zona non sismica
Riferimento alla sismicità:	

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resis. compr. di calcolo fcd:	15.860 MPa

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0	MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.760	MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00	daN/cm ²
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.300	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$:	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	90.0
3	50.0	90.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.6	7.4	26
2	-42.6	82.6	26
3	42.6	82.6	26
4	42.6	7.4	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	3	26

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre genrate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	42.6	11.3	0.0	1	20
2	21.3	11.3	0.0	1	20
3	0.0	11.3	0.0	1	20
4	-21.3	11.3	0.0	1	20
5	-42.6	11.3	0.0	1	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	503.00	1512.09	0.00	0.00	0.00
2	560.32	2016.21	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	367.17	1120.07	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	327.68	956.36 (543.85)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

1 266.57 710.80 (546.79) 0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.1 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	503.00	1512.09	0.00	503.12	2198.62	0.00	1.449	-----
2	S	560.32	2016.21	0.00	574.68	2220.65	0.00	1.101	-----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00454	50.0	90.0	0.00196	42.6	82.6	-0.01371	-42.6	7.4
2	0.00350	-0.00439	50.0	90.0	0.00256	42.6	82.6	-0.01326	-42.6	7.4

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000208344	-0.015250916	----	----
2	0.000000000	0.000201682	-0.014651338	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	9.03	-50.0	90.0	-205.8	-23.7	7.4	2450	68.8	4.6	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	7.72	-50.0	90.0	-174.8	-42.6	7.4	2450	68.8	3.9	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Psi	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm	= $1 - \text{Beta}12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
wk	Distanza media tra le fessure [mm]
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-4.9	0	0.125	24	61.0	0.677	0.00059 (0.00035)	173	0.174 (0.40)	543.85	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.76	-50.0	90.0	-128.5	-42.6	7.4	2450	68.8	3.9	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.6	0	0.125	24	61.0	0.704	0.00045 (0.00026)	173	0.133 (0.30)	546.79	0.00

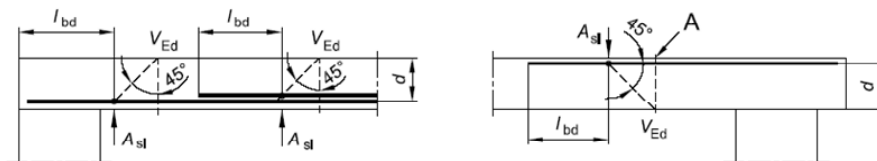
SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE			
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO			
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	574,96	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0,12	[-]
Coefficiente k	k	1,49	[-]
		1,49	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0,0083294	[-]
		0,0083294	[-]

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	455,17	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	311,72	[kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	455,17	[kN]
§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO			
Diametro delle staffe	ϕ_{sw}	16	[mm]
Numero di braccia	n_b	4	[-]
Passo delle staffe	s	200	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	θ	45	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	A_{sw}	804	[mm ²]
Braccio della coppia interna	z	743,4	[mm]
Cotangente di θ	$\cot\theta$	1,00	[-]
		1,00	[-]
Cotangente di α	$\cot\alpha$	0,00	[-]
Seno di α	$\sin\alpha$	1,00	[-]
Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)	V_{Rsd}	1169,76	[kN]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f_{cd}	9,92	[MPa]
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	3686,03	[kN]
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot\theta = 1$	$A_{sw,max}$	3041,11	[mm ²]
Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	1169,76	[kN]

Sezione S3

Le sollecitazioni nella sezione di verifica per singola condizione di carico sono riportate in tabella seguente:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Elem	Load	Axial (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)
33	PP	0	0	-207.18
33	PERM	0	0	74.77
33	STX	-143.11	62.72	242.07
33	RITIRO	-50.15	0	0
33	TU-TF	0	0	0
33	TANDEM-	0	0	173.97
33	GR-U	0	0	35.42
33	TANDEM-	0	0	0
33	SP-10	0	0	0
33	F-AVV	0	0	0
33	ACC1	-54.93	36.11	139.38
33	ACC2	-61.44	16.36	155.89
33	STX_GEO	-161.48	70.77	273.13
33	SISMA-H	-167.25	145.79	493.04
33	SISMA-V	0	0	-20.24

Le sollecitazioni nella sezione di verifica combinate secondo le combinazioni innanzi riportate sono:

	SN (kN)	V(kN)	M(kNm)
Combinazione fondamentale SLU	-327.53	133.42	571.14
Combinazione SLU (sisma STR)	-371.50	215.73	652.44
Combinazione SLU (sisma GEO)	-371.50	215.73	652.44
Combinazione SLE Rara	-228.13	98.83	360.86
Combinazione SLE Frequente	-206.16	84.39	296.12
Combinazione SLE QP	-168.185	62.72	109.66

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.
NOME SEZIONE: S3_7m

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Tipologia sezione: Sezione generica
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Poco aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C28/35
 Resis. compr. di calcolo fcd: 15.860 MPa
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec: 32308.0 MPa
 Resis. media a trazione fctm: 2.760 MPa

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.300	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:		Poligonale
Classe Conglomerato:		C28/35
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	90.0
3	50.0	90.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.6	7.4	26
2	-42.6	82.6	26
3	42.6	82.6	26
4	42.6	7.4	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			
N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	26
2	2	3	3	26

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	327.53	-571.14	0.00	0.00	0.00
2	371.50	-652.44	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	228.13	-360.86	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	206.16	296.12 (479.92)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	168.19	-168.19 (-519.52)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali:	6.1 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	18.7 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
--------	-----	---	----	----	-------	--------	--------	----------	---------

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

1	S	327.53	-571.14	0.00	239.25	-913.18	0.00	1.598	----
2	S	371.50	-652.44	0.00	242.60	-914.44	0.00	1.401	----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01170	-50.0	0.0	0.00039	-42.6	7.4	-0.03119	-42.6	82.6
2	0.00350	-0.01286	-50.0	0.0	0.00040	-42.6	7.4	-0.03115	-42.6	82.6

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000419974	0.003500000	----	----
2	0.000000000	-0.000419473	0.003500000	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.21	50.0	0.0	-161.1	0.0	82.6	2459	26.5	21.3	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.57	-50.0	90.0	-134.8	-21.3	7.4	2459	26.5	21.3	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$\Psi = 1 - \beta_{12}^2 (S_{sr}/S_s)^2 = 1 - \beta_{12}^2 (f_{ctm}/S_2)^2 = 1 - \beta_{12}^2 (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot S_s/E_s$ è tra parentesi
 srm Distanza media tra le fessure [mm]
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot srm$. Valore limite tra parentesi
 MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Ψ	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.9	0	0.125	26	61.0	-1.149	0.00027 (0.00027)	285	0.131 (0.40)	479.92	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.61	50.0	0.0	-49.6	21.3	82.6	2459	26.5	21.3	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Ψ	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.8	0	0.125	26	61.0	-5.361	0.00010 (0.00010)	285	0.048 (0.30)	-519.52	0.00

Sezione S4

Le sollecitazioni nella sezione di verifica per singola condizione di carico sono riportate in tabella seguente:

Elem	Load	Axial (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)
19	PP	-67,5	0	0
19	PERM	0	0	0
19	STSX	0	53,44	53,44
19	RITIRO	0	0	0
19	TU-TF	0	0	0
19	TANDEM-Mmax	0	0	0
19	GR-U	0	0	0
19	TANDEM-Tmax	0	0	0
19	SP-10	0	18,75	28,13
19	F-AVV	0	0	0
19	ACC1	0	37,5	56,25
19	ACC2	0	41,7	62,55
19	STSX_GEO	0	59,42	59,42
19	SISMA-H	0	116,09	174,14
19	SISMA-V	0	0	0

Le sollecitazioni nella sezione di verifica combinate secondo le combinazioni innanzi riportate sono:

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

	SN (kN)	V(kN)	M(kNm)
Combinazione fondamentale SLU	-91.13	122.77	148.08
Combinazione SLU (sisma STR)	-67.50	197.33	269.46
Combinazione SLU (sisma GEO)	-67.50	197.33	269.46
Combinazione SLE Rara	-67.50	90.94	109.69
Combinazione SLE Frequente	-67.50	75.94	87.19
Combinazione SLE QP	-67.50	53.44	53.44

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.
NOME SEZIONE: S4_7m

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Tipologia sezione: Sezione generica
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Poco aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C32/40
 Resis. compr. di calcolo fcd: 18.810 MPa
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec: 33643.0 MPa
 Resis. media a trazione fctm: 3.100 MPa
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00
 Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: 199.20 daN/cm²
 Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: 0.400 mm
 Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 0.00 Mpa
 Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk: 450.00 MPa
 Resist. caratt. rottura ftk: 450.00 MPa
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 391.30 MPa
 Resist. ultima di calcolo ftd: 391.30 MPa
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068
 Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito
 Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
 Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	50.0
3	50.0	50.0

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

4 50.0 0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.6	7.4	20
2	-42.6	42.6	20
3	42.6	42.6	20
4	42.6	7.4	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	20
2	2	3	3	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	91.13	140.08	0.00	0.00	0.00
2	67.50	269.46	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	67.50	109.69	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

1	67.50	87.19 (157.88)	0.00 (0.00)
---	-------	----------------	-------------

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	67.50	53.44 (165.41)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 19.3 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	91.13	140.08	0.00	91.39	277.70	0.00	1.982	----
2	S	67.50	269.46	0.00	67.51	273.27	0.00	1.014	----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00873	50.0	50.0	-0.00072	42.6	42.6	-0.02082	-42.6	7.4
2	0.00350	-0.00887	50.0	50.0	-0.00077	42.6	42.6	-0.02109	-42.6	7.4

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
--------	---	---	---	-----	--------

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

1	0.000000000	0.000570907	-0.025045369	----	----
2	0.000000000	0.000577144	-0.025357218	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.44	-50.0	50.0	-160.7	-42.6	7.4	1874	15.7	21.3	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.53	-50.0	50.0	-123.4	-42.6	7.4	1834	15.7	21.3	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Psi	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm	$= 1 - \text{Beta}12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (fctm/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (Mfess/M)^2$ [B.6.6 DM96]
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
wk	Distanza media tra le fessure [mm]
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.7	0	0.125	20	64.0	-2.279	0.00025 (0.00025)	287	0.121 (0.40)	157.88	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.17	-50.0	50.0	-67.6	-42.6	7.4	1791	15.7	21.3	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.0	0	0.125	20	64.0	-3.790	0.00014 (0.00014)	285	0.065 (0.30)	165.41	0.00

12.1.1. VERIFICHE DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Al fine di determinare la congruenza dei dati ottenuti dal software utilizzato e la validazione del modello analitico implementato è stato effettuato un controllo dei valori di momento flettente ottenuti con gli schemi semplificati della Tecnica delle Costruzioni.

In particolare, con riferimento alla condizione di spinta del rilevato, è stata effettuata una verifica di corrispondenza della sollecitazione di flessione agente nel paramento. La spinta sul paramento ha forma triangolare ed è pari a:

$$p_{z=7.00} = k_0 \cdot \gamma \cdot z = 0.625 \cdot 19 \cdot 7.00 \quad \cong 83.12 \text{ kN/m}^2 \quad \text{per gli SL STR}$$

quindi la spinta S applicata ad 1/3 dell'altezza del paramento è pari a:

$$S = p_{z=7.00} \cdot H/2 = 83.12 \cdot 7.0/2 = 290.92 \text{ kN/m}$$

Il momento alla base del paramento è pari a $= S \cdot H/3 = 290.92 \cdot 7.0/3 = 678.81 \text{ kNm}$

La sollecitazione di flessione derivante dal modello di calcolo è pari a 678.9 kN come riportato in figura 59.

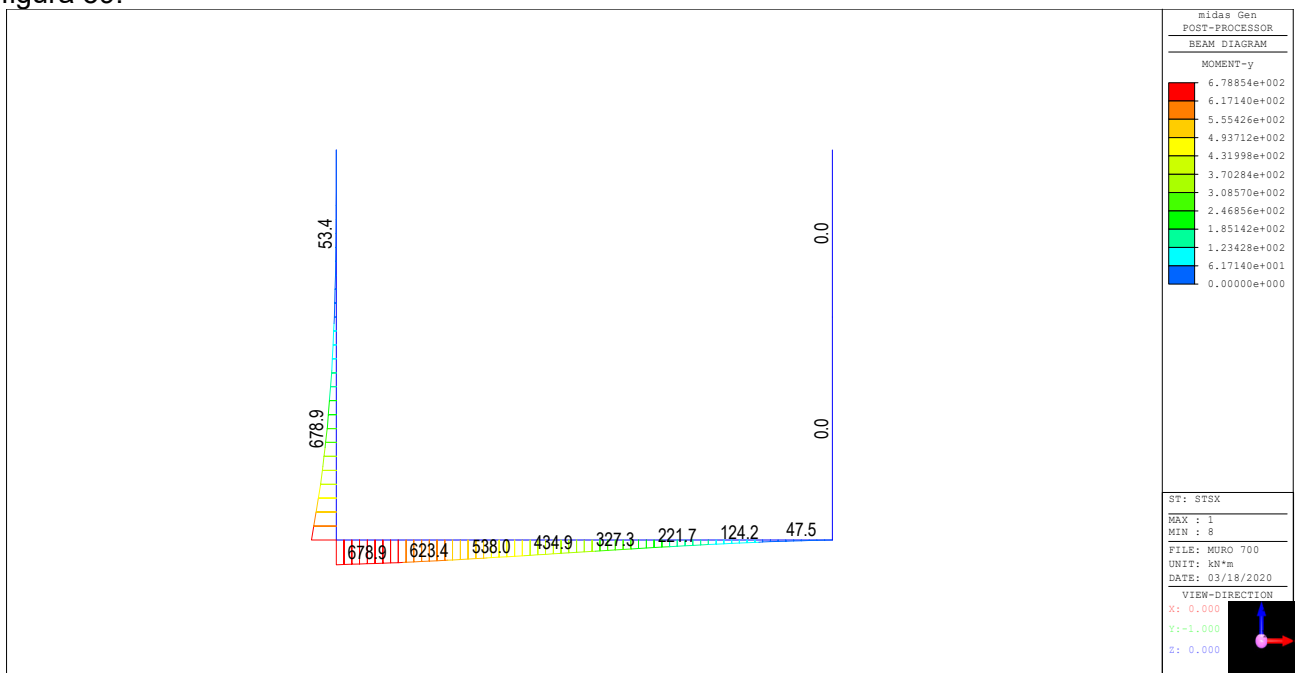


Figura 57: sollecitazione di flessione per sovraccarico sul rilevato

I valori sono del tutto analoghi pertanto il modello implementato è da ritenersi rappresentativo e congruente con lo stato reale.

12.2. MODELLO DI CALCOLO E VERIFICHE MURO DI ALTEZZA 4.0M

Come modello di calcolo (si vedano le figure successive) si è assunto lo schema statico di telaio chiuso analizzato attraverso un'analisi elastico-lineare attraverso il programma di calcolo agli elementi finiti Midas Gen. Tale muro ha uno spessore di 50 cm sia per quanto riguarda i paramenti che la fondazione.

La mesh (si vedano le figure seguenti) è composta da 13 beam elements. Tale telaio viene descritto attraverso le linee d'asse delle singole membrature e pertanto, le aste del modello avranno lunghezza pari alla dimensione netta interna maggiorate della metà degli spessori delle aste adiacenti.

L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici.

Il suolo viene modellato facendo ricorso all'usuale artificio delle molle elastiche alla Winkler. La soletta inferiore viene divisa in 8 elementi per poter schematizzare, tramite le molle applicate, l'interazione terreno-struttura.

Considerando un numero fisso e pari a 9 di molle elastiche, la caratteristica elastica della generica molla viene calcolata attraverso la formulazione di Vogt:

$$k_s = \frac{1.33 \cdot E}{\sqrt[3]{b_t^2 \cdot b_l}}$$

- K_s = costante di sottofondo [F/L^3]
- b_t = dimensione trasversale dell'opera
- b_l = dimensione longitudinale dell'opera
- E = modulo di Young del terreno

E (MPa)	10
Numero di molle per unità di lunghezza	9
b_t (m)	8.90
b_l (m)	1.00
$K_{verticale}$ (kN/m ³)	3096.88

Nella presente relazione si adotta un modulo di reazione verticale
 $K_v = 3096 \text{ kN/m}^3$

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle, ottenendo per le 3 molle centrali un valore di:

$$K_{centrale} = K_s \cdot (L_p/2 + L_{int} + L_p/2) / 9$$

$$K_7, \dots K_9 = 3061.6 \text{ kN/m}$$

I valori delle molle di spigolo si ottengono con la seguente formulazione:

$$K_1 = K_2 = 2 \cdot K_s \cdot [(L_p/2 + L_{int} + L_p/2) / 9/2 + (L_p/2)] = 5848 \text{ kN/m}$$

ed infine in valori delle molle nei nodi 5,6,10 e 11 come da letteratura si assumono:

$$K_5 = K_6 = K_{10} = K_{11} = 1.5 \cdot K_{centrale} = 4592.4 \text{ kN/m}$$

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Agli effetti delle caratteristiche geometriche delle varie aste si è quindi assunto:

- una sezione rettangolare $b \times h = 1.00 \times 0.90$ m per la soletta di fondazione
- una sezione rettangolare $b \times h = 1.00 \times 0.90$ m per i piedritti

Per le aste del reticolo si è assunto:

$$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm}/10]^{0.3} = 33643 \text{ MPa; modulo elastico del cls}$$

Lo schema statico della struttura e la relativa numerazione dei nodi e delle aste sono riportati nella figura 45.

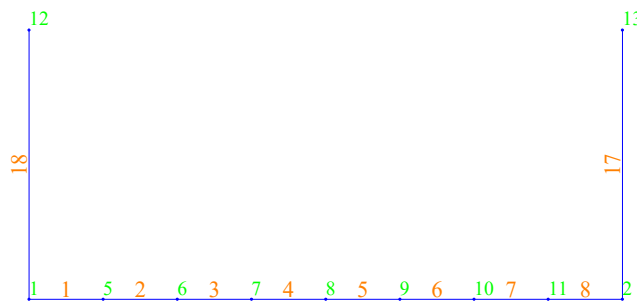


Figura 58: Modello di calcolo implementato

I	Name	Type	Standard	DB	Poisso	Thermal (1/[C])	Density (kN/m^3)	Mass Density (kN/m^3/g)
1	Calcestruzz	Concret	NTC18 (RC	C28/3	0.2	1.0000e-005	2.5000e+001	2.5493e+000

Tabella 26: Materiale da modello di calcolo

12.2.1. ANALISI DEI CARICHI

Nel seguente paragrafo, sulla base di quanto riportato al capitolo precedente, si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza in esercizio ed in presenza dell'evento sismico per la struttura in oggetto.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato: 25.0 kN/m³
- rilevato 20.0 kN/m³
- sovrastruttura stradale 22.0 kN/m³

12.2.2. PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI (G1)

I pesi propri degli elementi strutturali per metro lineare di struttura sono i seguenti:

- soletta inferiore $0.50 \cdot 25 = 12.50 \text{ kN/m}^2$
- piedritti $0.50 \cdot 25 = 12.50 \text{ kN/m}^2$

12.2.3. CARICHI PERMANENTI PORTATI (G2)

I carichi permanenti portati (per metro lineare di struttura in obliquo) sono i seguenti:

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

- peso sovr. stradale soletta inf.	$0.50 \cdot 22 = 11.00 \text{ kN/m}^2$
- peso rilevato soletta inf.	$0.50 \cdot 20 = 10.00 \text{ kN/m}^2$

Carico "2" nel modello di calcolo.

12.2.4. SPINTA DEL TERRENO (G3)

Si assumono per il terreno costituente il rinfiando del muro i seguenti parametri geotecnici (terreno LS4:

$\gamma_t = 19 \text{ kN/m}^3$	
$\phi = 22^\circ$	per gli SL STR
$\phi = 17.9^\circ$	per gli SL GEO

I coefficienti di spinta a riposo e di spinta attiva valgono rispettivamente:

$k_0 = 1 - \sin\phi = 0.625$	per gli SL STR
$k_0 = 1 - \sin\phi = 0.695$	per gli SL GEO

Le pressioni del terreno relative alla spinta a riposo ed alla spinta attiva, in corrispondenza dell'estradosso e dell'intradosso dello scatolare risultano essere le seguenti:

$$p_{z=4.00} = k_0 \cdot (q_0 + \gamma \cdot z) = 0.625 \cdot 19 \cdot 4.00 \cong 47.50 \text{ kN/m}^2 \quad \text{per gli SL STR}$$

(rappresenta il carico "3" nel modello di calcolo)

$$p_{z=7.00} = k_0 \cdot (q_0 + \gamma \cdot z) = 0.695 \cdot 19 \cdot 4.00 \cong 52.82 \text{ kN/m}^2 \quad \text{per gli SL STR}$$

(rappresenta il carico "13" nel modello di calcolo)

Naturalmente queste spinte saranno opportunamente combinate, utilizzando i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

12.2.5. CARICHI MOBILI VERTICALI SULLA SOLETTA DI FONDAZIONE

Ai fini della determinazione delle azioni variabili da traffico, l'opera in oggetto è considerata come un ponte stradale di **1° Categoria**. Il calcolo dello scatolare viene eseguito per una striscia trasversale di 1m. Si considera la striscia maggiormente sollecitata al disotto della prima colonna di carico di larghezza 3.00m. La colonna è larga 3.00 m ed i carichi da considerare valgono (già dinamizzati):

- 1) Distribuito: $q_{1k} = 9.00 \text{ kN/mq}$
- 2) Concentrati : $Q_{1k} = 300 \text{ kN}$, ovvero 150kN a impronta, per n° 4 posti alla distanza relativa di 1.20m (Tandem) x 2.00 m.

La ripartizione dei carichi si effettua considerando il carico isolato da 150 kN con impronta quadrata di lato 0.4 m.

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

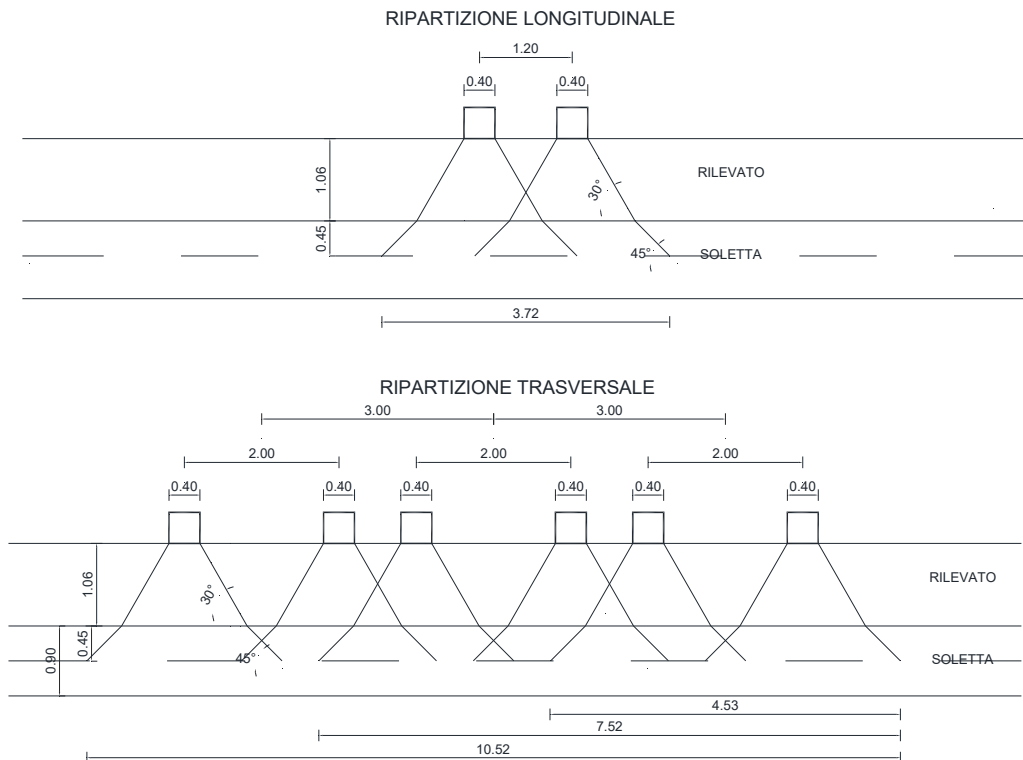


Figura 59: Schema di ripartizione dei carichi mobili

Il carico è schematizzato da due assi da 150 kN disposti ad interasse di 1.20m. per la determinazione delle lunghezze di diffusione a vantaggio di sicurezza è stato adottato lo spessore minimo di ricoprimento della struttura dello scatolare.

Si procede al calcolo dei carichi per metro lineare riferiti al baricentro della soletta per i diversi treni di carico. Si considera una larghezza di ripartizione trasversale massima pari alla larghezza della corsia di carico di 3.00 m pertanto:

$$q_{1k} = 600 / (L_L \cdot L_{T1})$$

$$q_{1k} = (600 + 400) / (L_L \cdot L_{T2})$$

$$q_{1k} = (600 + 400 + 200) / (L_L \cdot L_{T3})$$

L_L	3.00 m	q_{2k}	9.00 kN/m ²
L_{T1}	4.53 m	q_{1k}	44.15 kN/m ²
L_{T2}	7.54 m	q_{1k}	44.20 kN/m ²
L_{T3}	10.54 m	q_{1k}	38.02 kN/m ²

PROGETTAZIONE ATI:

Si applica il carico della condizione più sfavorevole pari a 44.20 kN/m² applicato su tutta la larghezza del sottovia.

12.2.6. SPINTA DEL SOVRACCARICO SUL RILEVATO

La spinta sul manufatto dovuto alla presenza del sovraccarico sul rilevato è definita applicando un carico pari a 20 kN/m alla quota della pavimentazione stradale.

Si considera la spinta agente solo sulla parete sinistra:

$$q_s = 20.00 \text{ kN/m}$$

$$p_s (\text{STR}) = q_s K_0 = 12.50 \text{ kN/m}$$

$$p_s (\text{GEO}) = q_s K_0 = 13.90 \text{ kN/m}$$

condizioni di carico "11" e "12" nel modello di calcolo.

Si considera un altro caso di carico con 10kN/m di sovraccarico variabile sul rilevato.

La spinta del sovraccarico sul rilevato è definita in due condizioni di carico:

$$q_s = 10.00 \text{ kN/m}$$

$$p_{s1} (\text{str}) = q_s K_0 = 6.25 \text{ kN/m}$$

(condizione di carico "9" su entrambi i piedritti);

$$p_{s1} (\text{geo}) = q_s K_0 = 6.95 \text{ kN/m}$$

(condizione di carico "9.1" su entrambi i piedritti);

il carico agisce contemporaneamente ai carichi mobili sulla struttura ed è applicato in due condizioni separate su un solo lato dello scatolare (condizione di carico "11_STR" e "12_GEO" nel modello di calcolo adottando coefficienti pari a 0.5 nelle combinazioni di carico) e su entrambi i piedritti contemporaneamente (condizioni di carico "9_STR" e "9.1_GEO" nel modello di calcolo).

12.2.7. AZIONE SISMICA

Nelle verifiche allo Stato Limite Ultimo, nel caso in esame lo SLV, i valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot a_{\max} / g = 1.0 \cdot 0.309 \cdot g = 0.309 g$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = \pm 0.155 g$$

dove:

$$a_{\max} = 0.309 g$$

accelerazione orizzontale massima attesa al sito (vedi § 6.3)

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

accelerazione di gravità;

$$\beta_m = 1.0$$

coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito funzione del tipo di sottosuolo, assunto pari ad 1 in quanto la struttura non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno;

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti, di cui la componente verticale è considerata agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli. La risultante delle forze inerziali orizzontali indotte dal sisma viene valutata con la seguente espressione:

PROGETTAZIONE ATI:

$$F_h = P \cdot k_h$$

$$F_v = P \cdot k_v$$

L'incremento dinamico di spinta del terreno, considerando lo scatolare come una struttura rigida completamente vincolata (NT par. 7.11.6.2.1 e EC8-5 par.7.3.2.1) in modo tale che non può svilupparsi nel terreno uno stato di spinta attiva, è calcolato mediante la seguente relazione:

$$\Delta P_d = k_h \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.309 \cdot 19 \cdot 4.0 = 23.48 \text{ kN/ml allo SLV}$$

Essendo " ΔP_d " la risultante globale, ed il diagramma di spinta di tipo rettangolare, è immediato ricavare la quota parte della spinta che agisce sul piedritto dello scatolare. Il punto di applicazione della spinta che interessa il muro è posto $h_{mi}/2$, con " h_{tot} " altezza dal piano di progetto alla fondazione del muro e h_m l'altezza del muro.

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nel nodo 1, la parte di sovraspinta esercitata su 1/2 spessore della soletta inferiore.

Spinta semispessore sol. inf.

$$F_3 = 1.53 \text{ kN}$$

12.2.8. FORZE SISMICHE ORIZZONTALI E VERTICALI

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti ed applicate nei rispettivi baricentri.

Forze d'inerzia orizzontali sul muro SLV.

$$F_o, \text{ piedritto sp50} = \pm 3.86 \text{ kN/m}^2;$$

Forze d'inerzia verticali sul muro SLV.

$$F_v, \text{ piedritto sp50} = \pm 1.93 \text{ kN/m}^2;$$

$$F_v, \text{ soletta base} = \pm 1.92 \text{ kN/m}^2;$$

$$F_v, \text{ paviment} = \pm 3.24 \text{ kN/m}^2;$$

$$F_v, \text{ tot soletta di base} = \pm 5.16 \text{ kN/m}^2;$$

12.2.9. VERIFICHE DELLE SEZIONI

Si riportano di seguito le verifiche nelle condizioni di SLE ed SLU eseguite con il software GeoStru RC-SEC v.20.8.1001.

Si riportano in forma grafica le caratteristiche delle sollecitazioni per singola condizione di carico:

PROGETTAZIONE ATI:

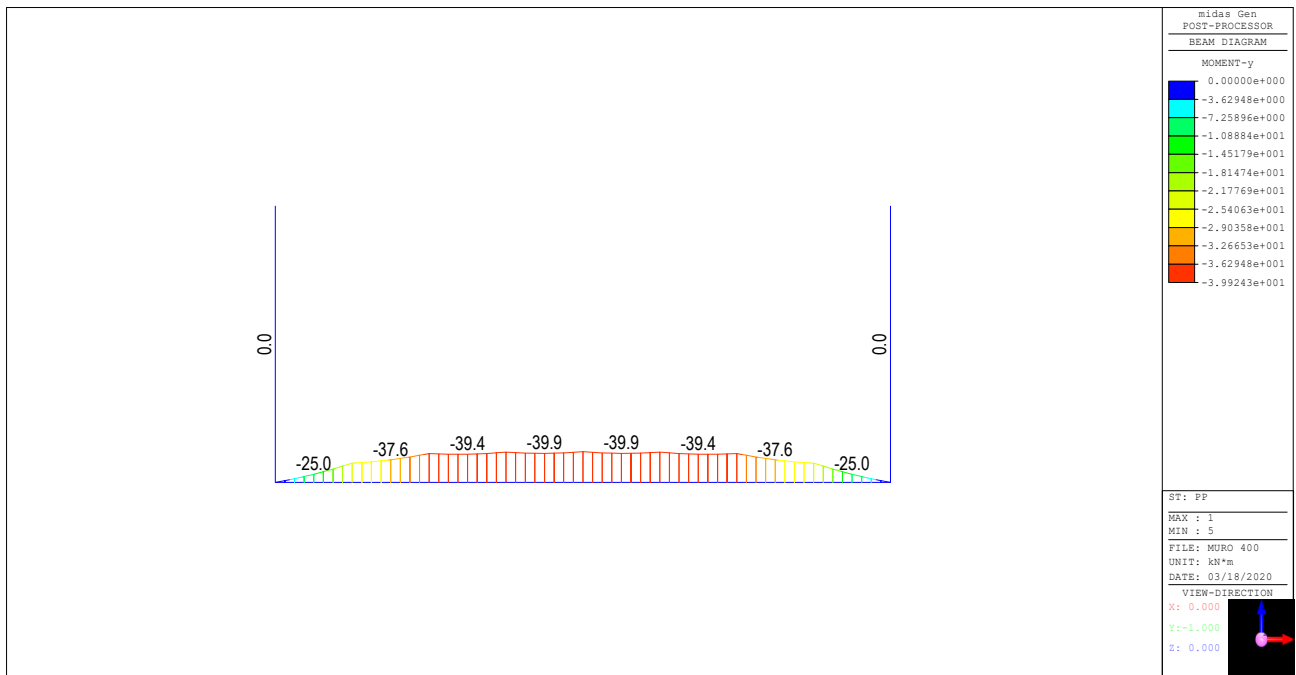


Figura 60: Sollecitazione flessionale per peso proprio

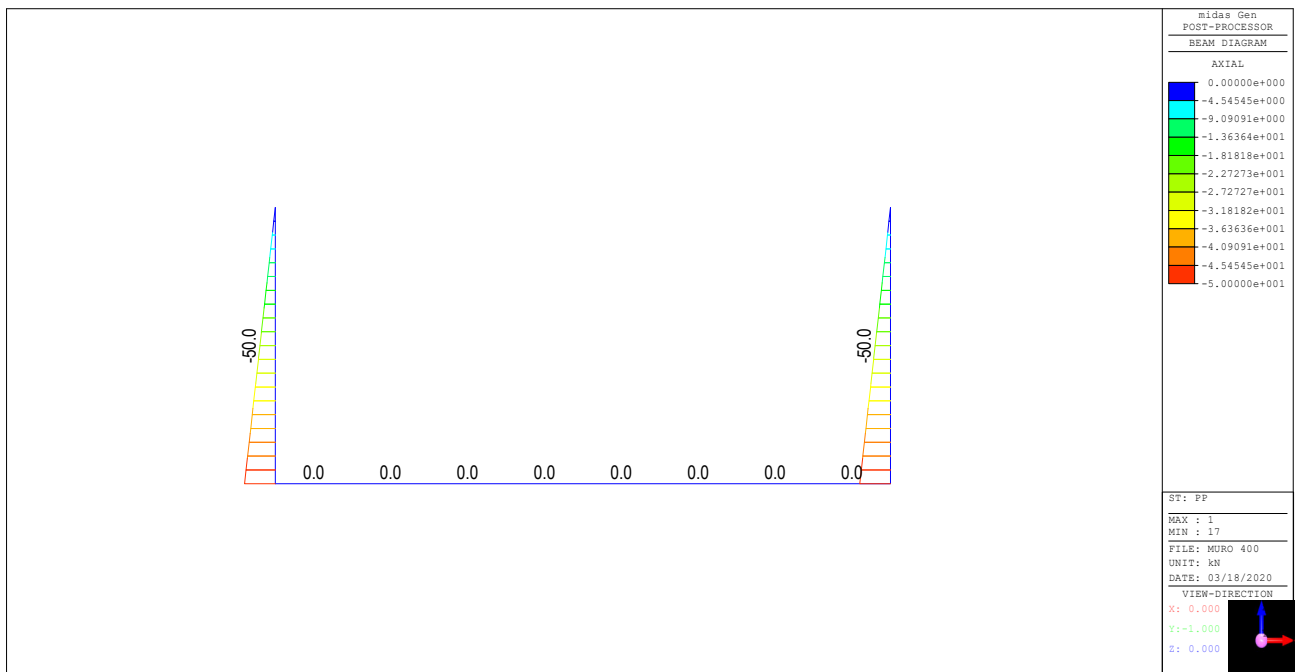


Figura 61: Sforzo normale per peso proprio

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

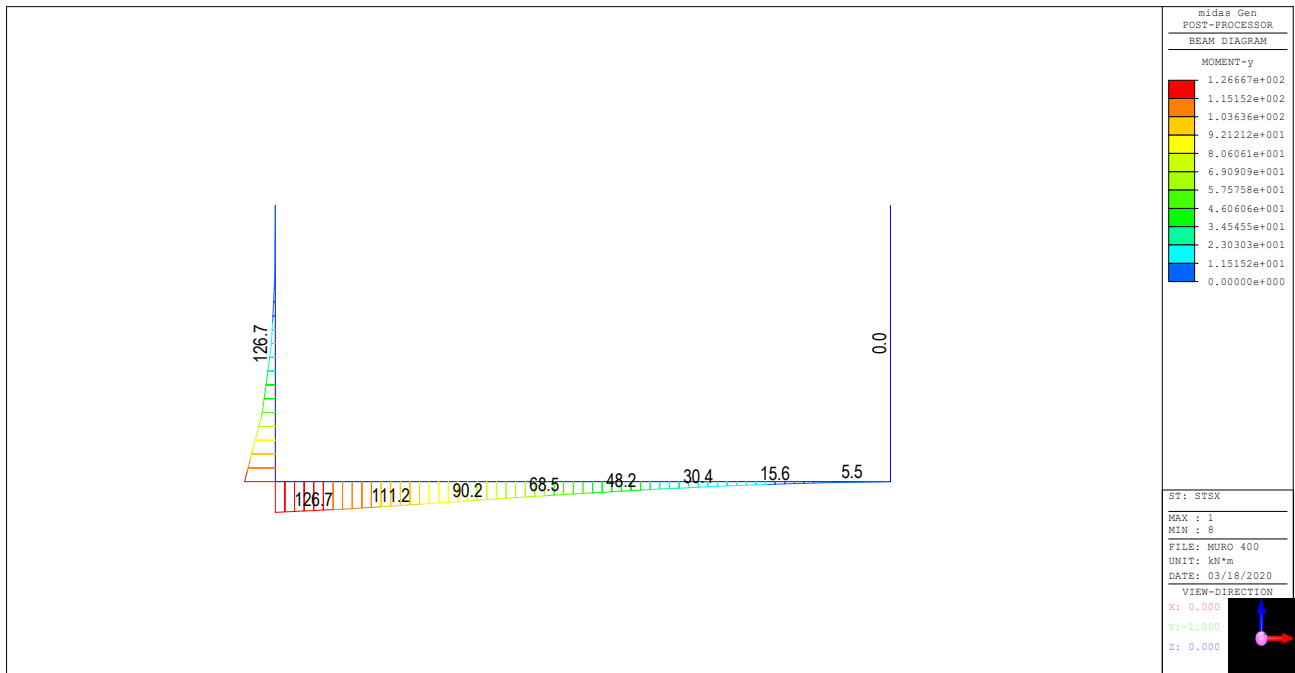


Figura 62: Sollecitazione di flessione per spinta del rilevato

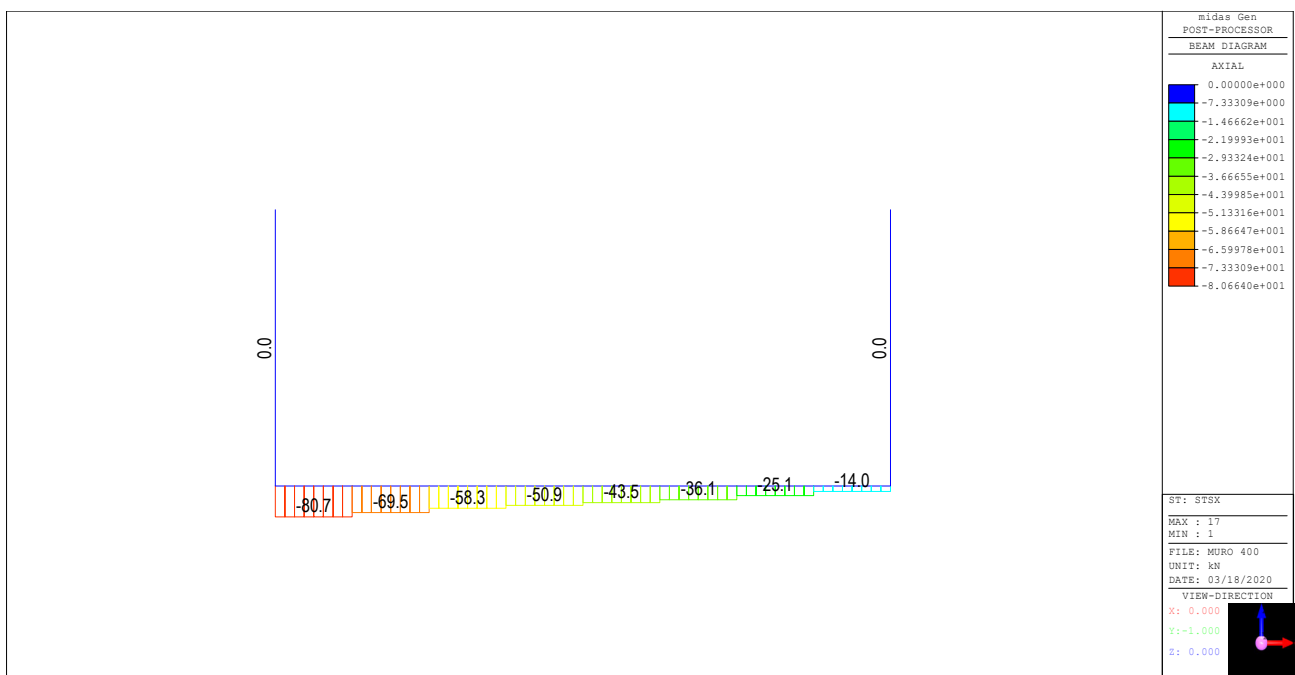


Figura 63: sollecitazione di sforzo normale per spinta del rilevato

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

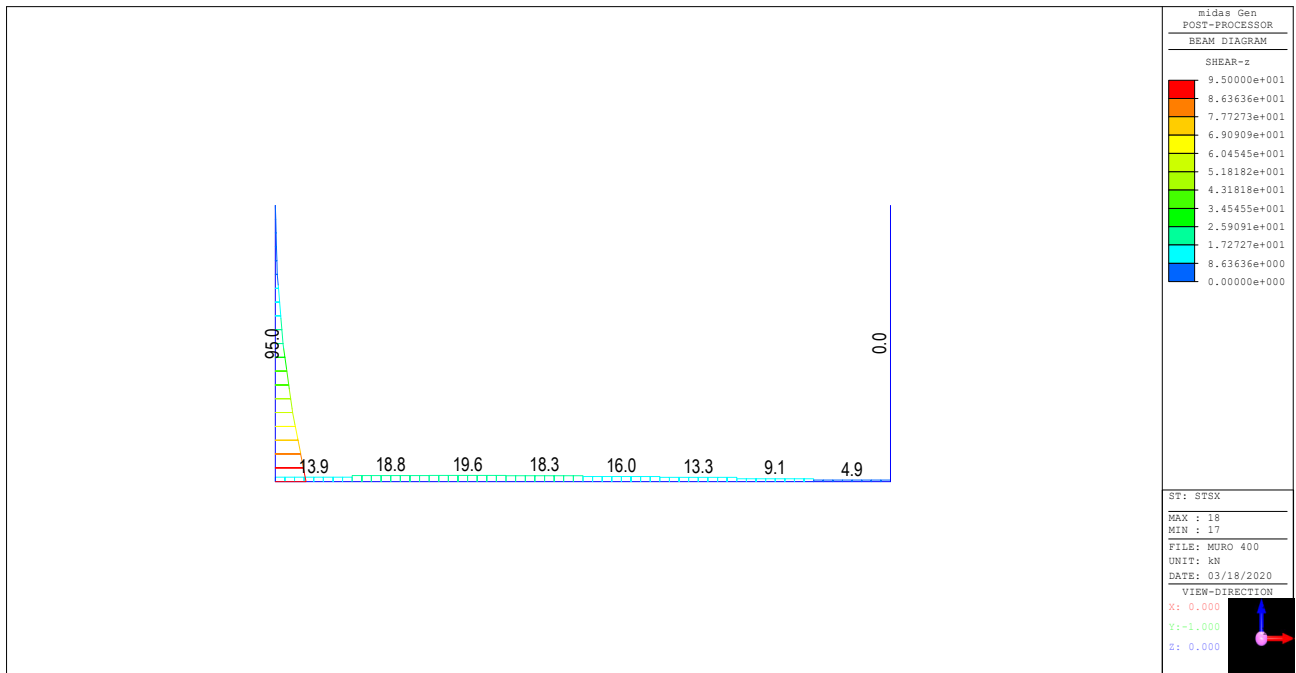


Figura 64: sollecitazione di taglio per spinta del rilevato

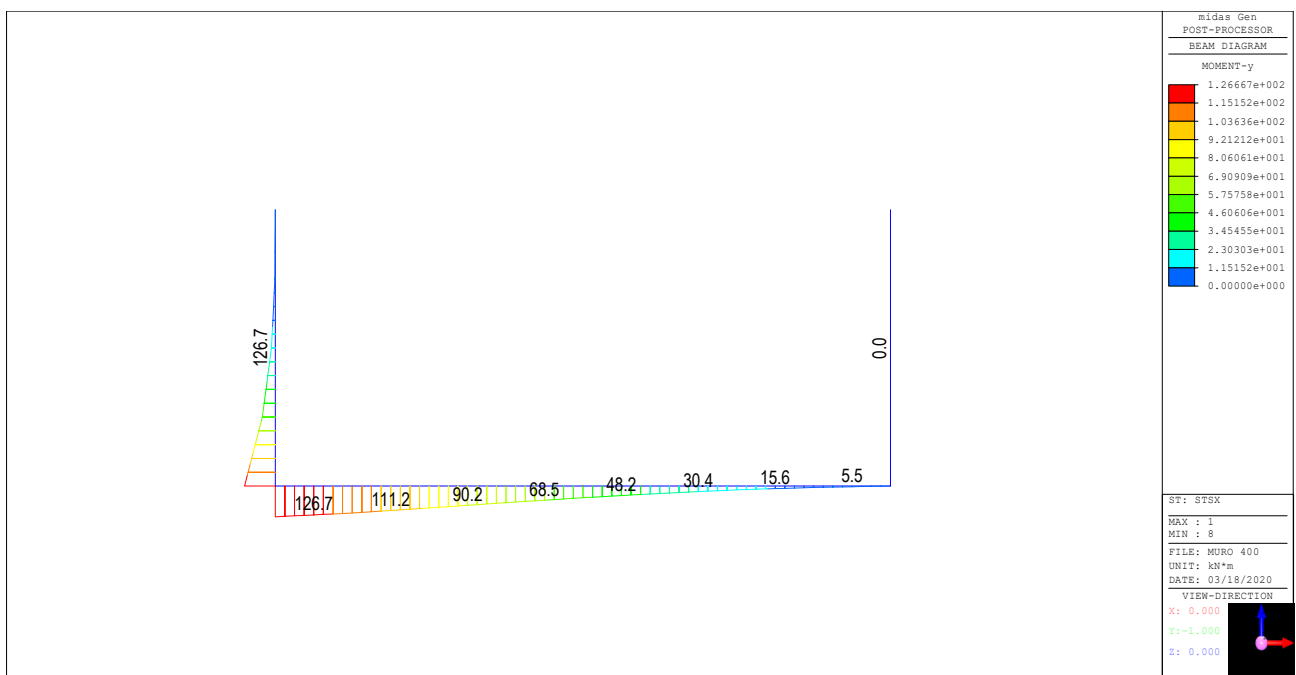


Figura 65: sollecitazione di flessione per sovraccarico sul rilevato

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

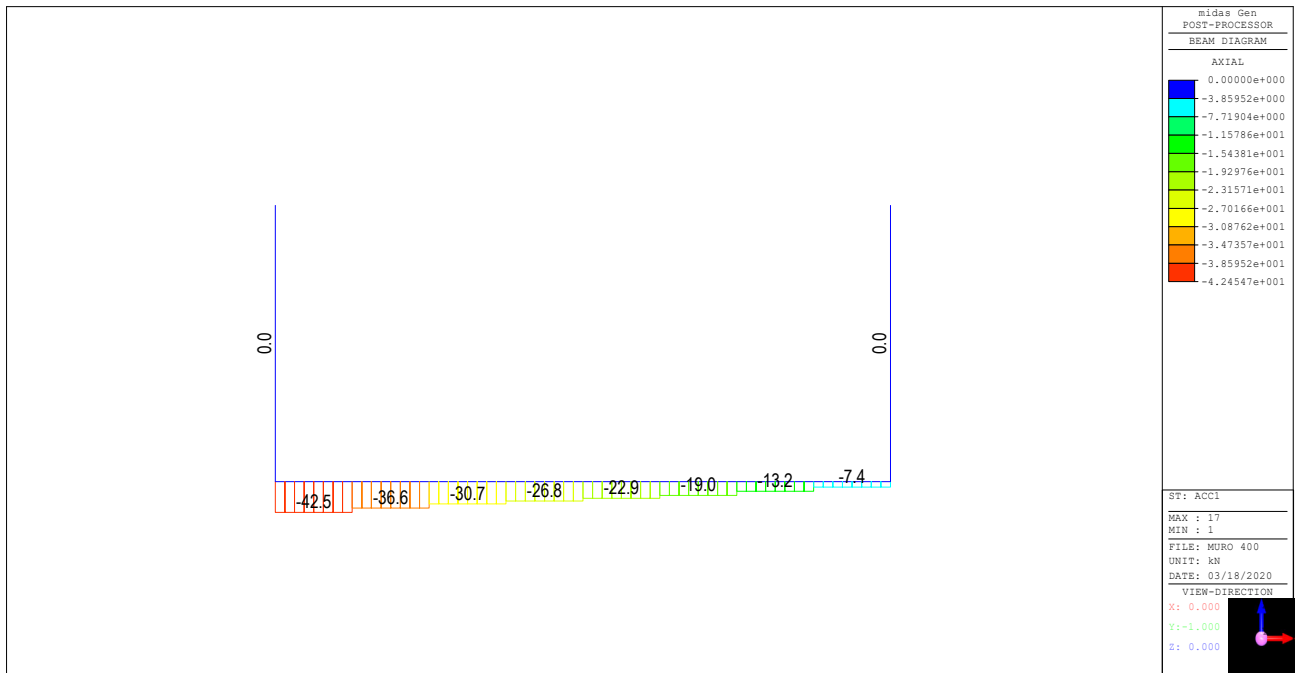


Figura 66: sforzo normale per sovraccarico sul rilevato

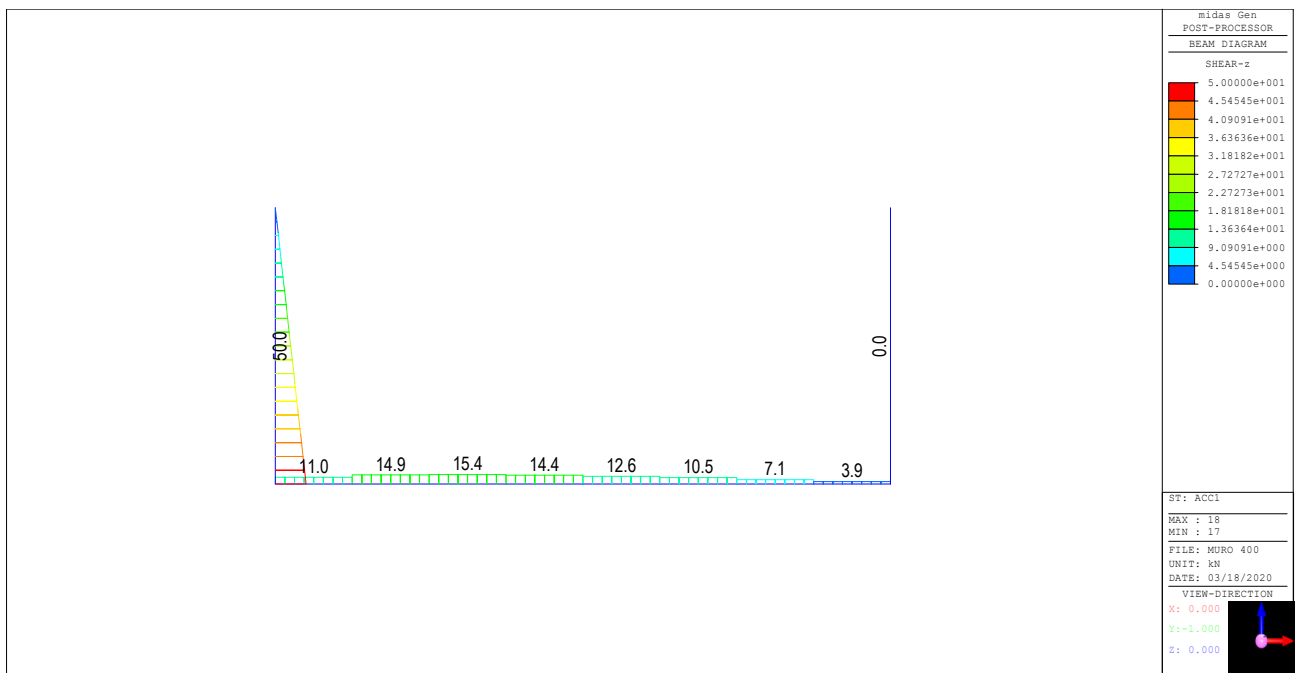


Figura 67: sollecitazione di taglio per sovraccarico sul rilevato

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

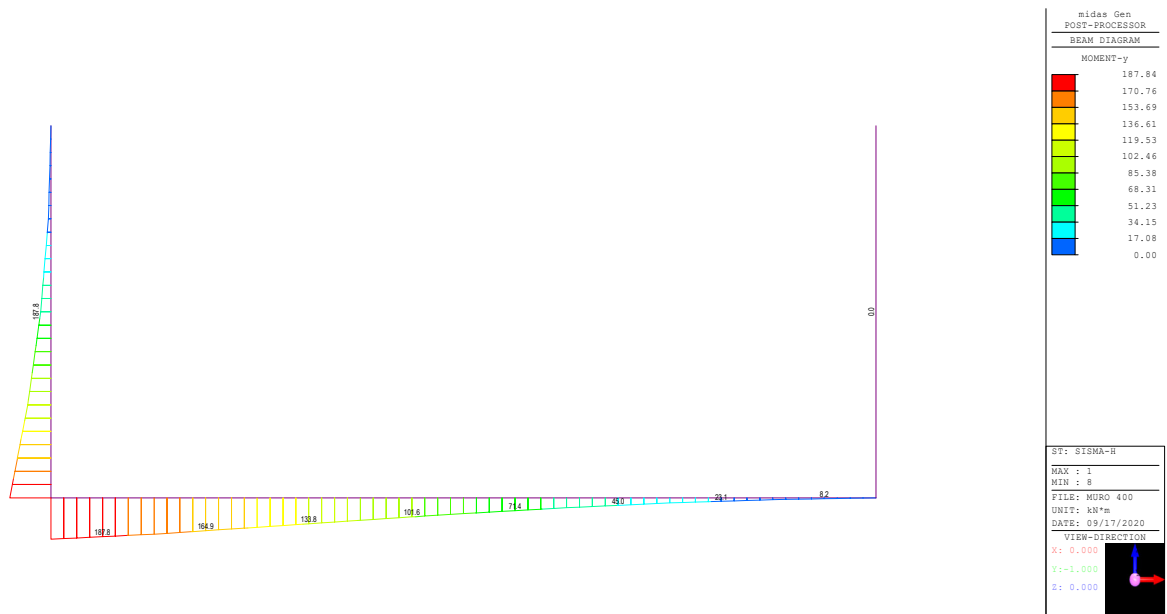


Figura 68: sollecitazione di flessione per sisma orizzontale

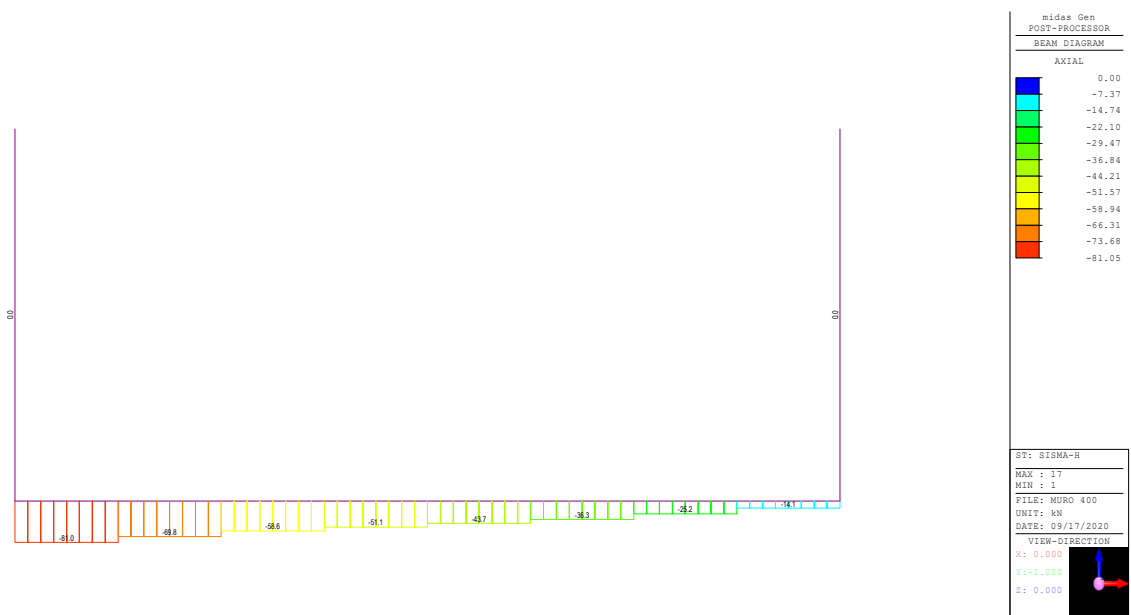


Figura 69: sforzo normale per sisma orizzontale

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

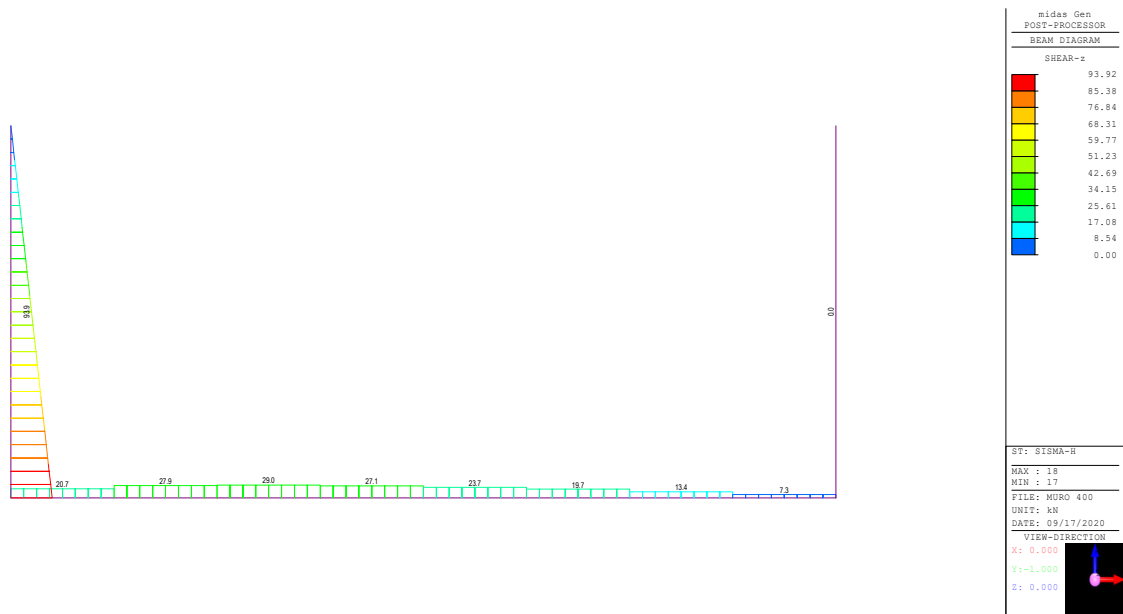


Figura 70: sollecitazione di taglio per sisma orizzontale

Si riportano di seguito le verifiche strutturali per le sezioni significative:

- S1: Incastro tra piedritto e fondazione;
- S2: Incastro tra fondazione e piedritto;
- S3: Centro platea di fondazione;

Le sezioni di verifica sono riportate nella figura seguente.

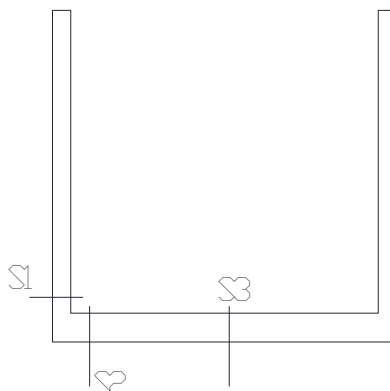


Figura 71: Sezioni di verifica

PROGETTAZIONE ATI:

Sezione S1

Le sollecitazioni nella sezione di verifica per singola condizione di carico sono riportate in tabella seguente:

Elem	Load	Axial (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)
18	PP	-50	0	0
18	PERM	0	0	0
18	STX	0	95	126.67
18	RITIRO	0	0	0
18	TU-TF	0	0	0
18	TANDEM-	0	0	0
18	GR-U	0	0	0
18	TANDEM-	0	0	0
18	SP-10	0	25	50
18	F-AVV	0	0	0
18	ACC1	0	50	100
18	ACC2	0	55.6	111.2
18	STX GEO	0	105.64	140.85
18	SISMA-H	0	93.92	187.84
18	SISMA-V	0	0	0

Le sollecitazioni nella sezione di verifica combinate secondo le combinazioni innanzi riportate sono:

	SN (kN)	V(kN)	M(kNm)
Combinazione fondamentale SLU	-67.50	195.75	306.00
Combinazione SLU (sisma STR)	-50.00	198.92	334.51
Combinazione SLU (sisma GEO)	-50.00	198.92	334.51
Combinazione SLE Rara	-50.00	145.00	226.67
Combinazione SLE Frequente	-50.00	125.00	186.67
Combinazione SLE QP	-50.00	95.00	126.67

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: S1

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	Sezione generica
Tipologia sezione:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Poco aggressive
Condizioni Ambientali:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Zona non sismica
Riferimento alla sismicità:	

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	199.20	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.300	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	50.0
3	50.0	50.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.6	7.4	20
2	-42.6	42.6	20
3	42.6	42.6	20
4	42.6	7.4	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	20
2	2	3	3	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	67.50	306.00	0.00	0.00	0.00
2	50.00	334.51	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	50.00	226.67	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	50.00	186.67 (164.29)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	50.00	126.67 (166.09)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.4 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.5 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
As Tesa	Area armature [cm ²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	67.50	306.00	0.00	67.72	494.20	0.00	1.614	----
2	S	50.00	334.51	0.00	50.18	491.04	0.00	1.467	----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00589	50.0	50.0	0.00026	42.6	42.6	-0.01517	-42.6	7.4
2	0.00350	-0.00602	50.0	50.0	0.00025	42.6	42.6	-0.01566	-42.6	7.4

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000438372	-0.018418579	----	----
2	0.000000000	0.000441782	-0.018589122	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	7.07	50.0	50.0	-185.9	-33.1	7.4	1750	31.4	9.5	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.84	-50.0	50.0	-151.8	-42.6	7.4	1700	31.4	9.5	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Ver.	Esito della verifica
S1	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$
Cf	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	$= 1 - \beta_{12} \cdot (S_{sr}/S_s)^2 = 1 - \beta_{12} \cdot (f_{ctm}/S_2)^2 = 1 - \beta_{12} \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot S_s/E_s$ è tra parentesi
srm	Distanza media tra le fessure [mm]
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot s_m \cdot s_{rm}$. Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.5	0	0.125	20	64.0	0.225	0.00030 (0.00030)	201	0.104 (0.40)	164.29	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.98	-50.0	50.0	-100.6	-42.6	7.4	1700	31.4	9.5	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-2.4	0	0.125	20	64.0	0.140	0.00020 (0.00020)	201	0.069 (0.30)	166.09	0.00

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE

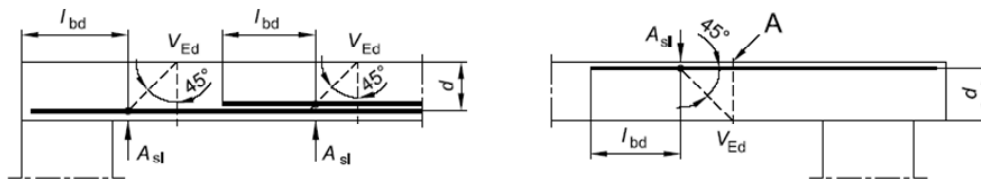
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	195,75 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		sì [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0,12 [-]
Coefficiente k	k	1,69 [-]
		1,69 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0,016265 [-]
		0,016265 [-]

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	323,79 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	187,02 [kN]

Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	323,79 [kN]
--	----------------------------	--------------------

§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Diametro delle staffe	ϕ_{sw}	12 [mm]
Numero di braccia	n_b	4 [-]
Passo delle staffe	s	200 [mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	θ	45 [°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	90 [°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	A_{sw}	452 [mm ²]
Braccio della coppia interna	z	380,7 [mm]
Cotangente di θ	$\cot\theta$	1,00 [-]
		1,00 [-]
Cotangente di α	$\cot\alpha$	0,00 [-]
Seno di α	$\sin\alpha$	1,00 [-]

Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)	V_{Rsd}	336,96 [kN]
---	-----------------------------	--------------------

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f'_{cd}	9,41 [MPa]
--	-----------	------------

Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	1790,56 [kN]
--	-----------------------------	---------------------

Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot\theta = 1$	$A_{sw,max}$	2884,71 [mm ²]
---	--------------	----------------------------

Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	336,96 [kN]
---	----------------------------	--------------------

Sezione S2

Le sollecitazioni nella sezione di verifica per singola condizione di carico sono riportate in tabella seguente:

Elem	Load	Axial (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)
1	PP	0	15.55	0
1	PERM	0	-24.92	0
1	STSX	-80.66	13.93	126.67
1	RITIRO	0	0	0
1	TU-TF	0	0	0
1	TANDEM-	0	-52.46	0
1	GR-U	0	-10.68	0
1	TANDEM-	0	0	0
1	SP-10	-24.92	3.54	50
1	F-AVV	0	0	0
1	ACC1	-42.45	10.99	100
1	ACC2	-47.21	12.22	111.2
1	STSX GEO	-89.7	15.48	140.85
1	SISMA-H	-81.05	20.65	187.84
1	SISMA-V	0	-5.28	0

Le sollecitazioni nella sezione di verifica combinate secondo le combinazioni innanzi riportate sono:

	SN (kN)	V(kN)	M(kNm)
Combinazione fondamentale SLU	-166.20	24.27	306.00
Combinazione SLU (sisma STR)	-170.20	25.82	334.51
Combinazione SLU (sisma GEO)	-170.20	25.82	334.51
Combinazione SLE Rara	-123.11	15.55	226.67
Combinazione SLE Frequente	-106.13	11.15	186.67
Combinazione SLE QP	-80.66	4.56	126.67

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: S2

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	Sezione generica
Tipologia sezione:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Poco aggressive
Condizioni Ambientali:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Zona non sismica
Riferimento alla sismicità:	

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resis. compr. di calcolo fcd:	15.860 MPa

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0	MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.760	MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00	daN/cm ²
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.300	mm

ACCIAIO -

Tipo:	B450C	
Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	200000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	50.0
3	50.0	50.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.6	7.4	20
2	-42.6	42.6	20
3	42.6	42.6	20
4	42.6	7.4	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	20
2	2	3	3	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
---	---

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	166.20	306.00	0.00	0.00	0.00
2	170.20	334.51	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	123.11	226.67	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	106.13	186.67 (150.13)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	80.66	126.67 (151.03)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.4 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.5 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	166.20	306.00	0.00	166.17	504.16	0.00	1.644	----
2	S	170.20	308.40	0.00	334.51	502.93	0.00	1.503	----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00465	-50.0	50.0	0.00068	42.6	42.6	-0.01271	-42.6	7.4
2	0.00350	-0.00468	-50.0	50.0	0.00067	42.6	42.6	-0.01277	-42.6	7.4

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000380485	-0.015524231	----	----
2	0.000000000	0.000381849	-0.015592448	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	7.16	-50.0	50.0	-174.9	-42.6	7.4	1700	31.4	9.5	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.91	-50.0	50.0	-143.3	-23.7	7.4	1700	31.4	9.5	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 S1 Esito della verifica
 S1 Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

S2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	$= 1 - \text{Beta}12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (fctm/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (Mfess/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
srm	Distanza media tra le fessure [mm]
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.4	0	0.125	20	64.0	0.353	0.00029 (0.00029)	201	0.098 (0.40)	150.13	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.02	-50.0	50.0	-96.0	-33.1	7.4	1700	31.4	9.5	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-2.3	0	0.125	20	64.0	0.289	0.00019 (0.00019)	201	0.066 (0.30)	151.03	0.00

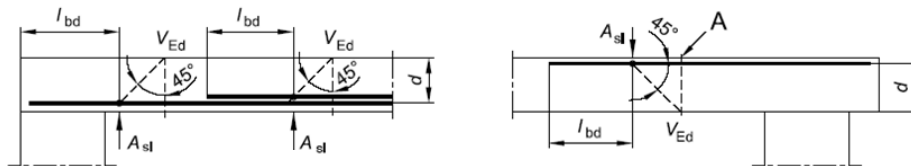
SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE			
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO			
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	166.2	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		si	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.69	[-]
		1.69	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0.0161504	[-]
		0.0161504	[-]

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	330.62	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	192.97	[kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	330.62	[kN]
§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO			
Diametro delle staffe	ϕ_{sw}	12	[mm]
Numero di braccia	n_b	4	[-]
Passo delle staffe	s	200	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	θ	45	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	A_{sw}	452	[mm ²]
Braccio della coppia interna	z	383.4	[mm]
Cotangente di θ	$\cot\theta$	1.00	[-]
		1.00	[-]
Cotangente di α	$\cot\alpha$	0.00	[-]
Seno di α	$\sin\alpha$	1.00	[-]
Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)	V_{Rsd}	339.35	[kN]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f'_{cd}	9.92	[MPa]
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	1901.03	[kN]
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot\theta = 1$	$A_{sw,max}$	3041.11	[mm]
Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	339.35	[kN]

PROGETTAZIONE ATI:

Sezione S3

Le sollecitazioni nella sezione di verifica per singola condizione di carico sono riportate in tabella seguente:

Elem	Load	Axial (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)
5	PP	0	-0.47	-37.73
5	PERM	0	3.55	44.62
5	STXS	-43.48	16	39.25
5	RITIRO	0	0	0
5	TU-TF	0	0	0
5	TANDEM-	0	7.47	93.93
5	GR-U	0	1.52	19.12
5	TANDEM-	0	0	0
5	SP-10	-24.83	-0.9	38.51
5	F-AVV	0	0	0
5	ACC1	-22.88	12.63	30.99
5	ACC2	-25.45	14.05	34.46
5	STXS GEO	-48.35	17.79	43.65
5	SISMA-H	-51.12	27.1	71.41
5	SISMA-V	0	-1.2	9.45

Le sollecitazioni nella sezione di verifica combinate secondo le combinazioni innanzi riportate sono:

	SN (kN)	V(kN)	M(kNm)
Combinazione fondamentale SLU	-92.22	46.42	266.90
Combinazione SLU (sisma STR)	-99.57	48.88	146.09
Combinazione SLU (sisma GEO)	-99.57	48.88	146.09
Combinazione SLE Rara	-68.31	31.86	182.30
Combinazione SLE Frequente	-58.38	29.08	147.34
Combinazione SLE QP	-43.48	19.08	46.14

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: S3

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	Sezione generica
Tipologia sezione:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Poco aggressive
Condizioni Ambientali:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Zona non sismica
Riferimento alla sismicità:	

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resis. compr. di calcolo fcd:	15.860 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Def.unit. ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.760 MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00 daN/cm ²
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.300 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	50.0
3	50.0	50.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.6	7.4	20
2	-42.6	42.6	20
3	42.6	42.6	20
4	42.6	7.4	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	20
2	2	3	3	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
 Vy con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ. d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ. d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	92.22	266.90	0.00	0.00	0.00
2	99.57	146.09	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	68.31	182.30	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	58.38	174.34 (135.04)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	43.48	46.14 (142.80)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 19.3 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	92.22	266.90	0.00	92.17	271.95	0.00	1.019	-----
2	S	99.57	146.09	0.00	86.19	270.85	0.00	1.854	-----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00791	50.0	50.0	-0.00044	42.6	42.6	-0.01918	-42.6	7.4
2	0.00350	-0.00794	50.0	50.0	-0.00045	42.6	42.6	-0.01924	-42.6	7.4

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000532316	-0.023115804	----	----
2	0.000000000	0.000533875	-0.023193766	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	7.36	-50.0	50.0	-280.8	-42.6	7.4	1874	15.7	21.3	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	7.04	-50.0	50.0	-270.7	-42.6	7.4	1874	15.7	21.3	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 S1 Esito della verifica
 S2 Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
 S2 Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata

PROGETTAZIONE ATI:

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2) / (2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	$= 1 - \text{Beta}12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (fctm/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (Mfess/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
srm	Distanza media tra le fessure [mm]
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.6	0	0.125	20	64.0	0.400	0.00054 (0.00054)	290	0.267 (0.40)	135.04	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.87	-50.0	50.0	-62.9	-42.6	7.4	1834	15.7	21.3	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.9	0	0.125	20	64.0	-3.789	0.00013 (0.00013)	287	0.061 (0.30)	142.80	0.00

12.2.10. VERIFICHE DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Al fine di determinare la congruenza dei dati ottenuti dal software utilizzato e la validazione del modello analitico implementato è stato effettuato un controllo dei valori di momento flettente ottenuti con gli schemi semplificati della Tecnica delle Costruzioni.

In particolare, con riferimento alla condizione di spinta del rilevato, è stata effettuata una verifica di corrispondenza della sollecitazione di flessione agente nel paramento. La spinta sul paramento ha forma triangolare ed è pari a:

$$p_{z=4.00} = k_0 \cdot \gamma \cdot z = 0.625 \cdot 19 \cdot 4.00 \quad \cong 47.50 \text{ kN/m}^2 \quad \text{per gli SL STR}$$

quindi la spinta S applicata ad 1/3 dell'altezza del paramento è pari a:

$$S = p_{z=4.00} \cdot H/2 = 47.50 \cdot 4.0/2 = 95.0 \text{ kN/m}$$

Il momento alla base del paramento è pari a $= S \cdot H/3 = 95.0 \cdot 4.0/3 = 126.66 \text{ kNm}$

La sollecitazione di flessione derivante dal modello di calcolo è pari a 126.7 kN come riportato in figura 59.

SOTTOPASSO VIA FONTESCODELLA - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

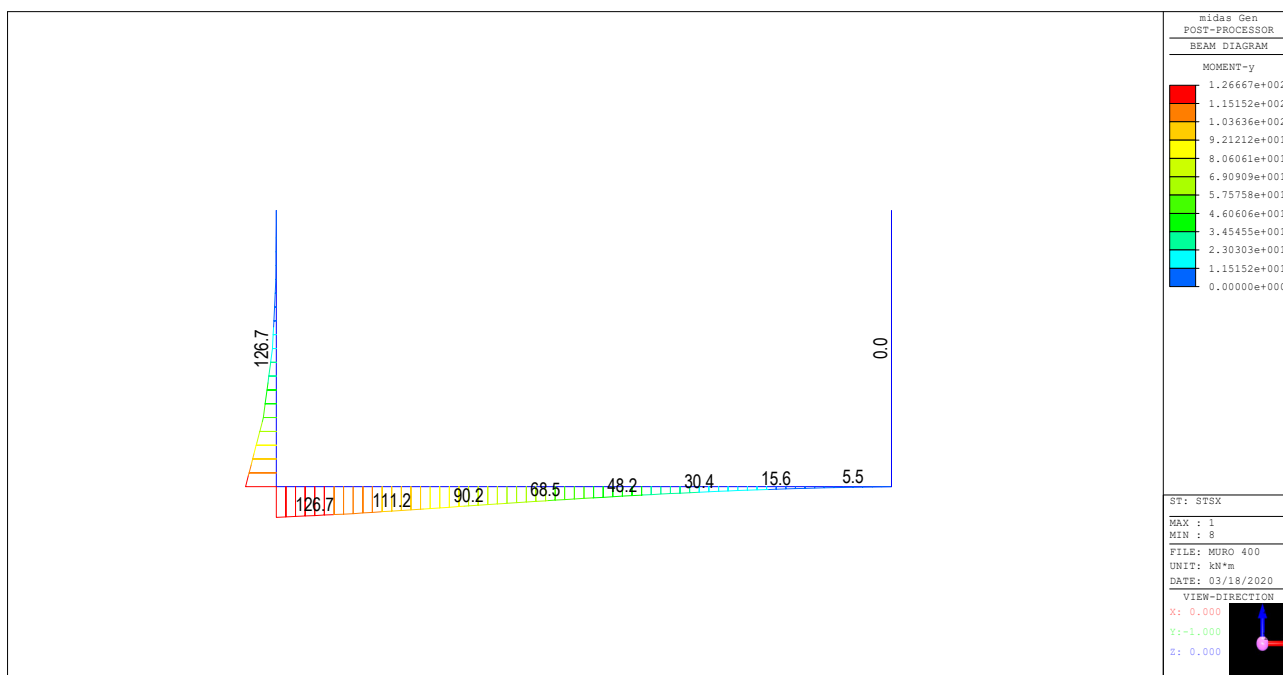


Figura 72: sollecitazione di flessione per sovraccarico sul rilevato

I valori sono del tutto analoghi pertanto il modello implementato è da ritenersi rappresentativo e congruente con lo stato reale.

PROGETTAZIONE ATI: