

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. CORPO STRADALE E GEOTECNICA

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA-VITERBO

TRATTA CESANO VIGNA DI VALLE

Muro ad U dal km 31+335 al km 31+460

Relazione di calcolo muro ad "U"

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

NR 1 J 01 D 29 CL RI 0005 007 B

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|----------------------|-------------------------------|-----------|----------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|--|
| A | EMISSIONE DEFINITIVA | F. Serrau | 10-2018 | M. Arcangeli | 10-2018 | T. Paoletti | 10-2018 | F. Arduini 10-2018 |
| B | Revisione | F. Serrau <i>F. Serrau</i> | Magg.2020 | M.Monda <i>MM</i> | Magg.2020 | T. Paoletti <i>T. Paoletti</i> | Magg.2020 | ITALFERR S.p.A. Infrastrutture Centro Direz. Tecnica Ufficio: F. Arduini Via: F.lli Inganni s.p.a. - Provincia di Roma N. 15392 del 4/11/2018 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

INDICE

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | PREMESSA | 4 |
| 2. | DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO | 5 |
| 2.1 | NORMATIVE DI RIFERIMENTO | 5 |
| 2.2 | ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO | 5 |
| 3. | UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA | 7 |
| 4. | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 8 |
| 4.1 | CALCESTRUZZO | 8 |
| 4.2 | ACCIAIO DI ARMATURA - BARRE | 8 |
| 5. | CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA..... | 10 |
| 6. | CRITERI PROGETTUALI | 11 |
| 6.1 | VITA NOMINALE..... | 11 |
| 6.2 | CLASSE D'USO | 11 |
| 6.3 | PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA | 11 |
| 7. | ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO | 12 |
| 7.1 | PESO PROPRIO (G1-PPROP) | 12 |
| 7.2 | PERMANENTI PORTATI: SPINTA DEL TERRENO (G23-SPTDs E G24-SPTSSs)..... | 12 |
| 7.3 | PERMANENTI PORTATI: BALLAST, CALCESTRUZZO E MARCIAPIEDI (G21-BAL E G22-PP FOND)..... | 13 |
| 7.4 | CARICHI ACCIDENTALI SULLA FONDAZIONE – CARICHI TRENO (Qk1-CT)..... | 13 |
| 7.5 | CARICHI DA PALI T.E. | 16 |
| 7.6 | VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA (E1-SISMAX+VO E E2-SISMAX-VO)..... | 16 |

| | | |
|------|---|----|
| 7.7 | CARICHI TRASMITTI SUL MURO DALLA BARRIERA ANTIRUMORE TIPO H2..... | 19 |
| 8. | COMBINAZIONI DI CARICO | 21 |
| 8.1 | COMBINAZIONI ELEMENTARI DI CALCOLO..... | 21 |
| 8.2 | DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI DI CARICO..... | 21 |
| 9. | MODELLAZIONE STRUTTURALE | 27 |
| 9.1 | MODELLAZIONE ADOTTATA..... | 27 |
| 9.2 | RISULTATI ANALISI STRUTTURALE | 32 |
| 10. | VERIFICHE STR..... | 39 |
| 10.1 | VERIFICA PIEDRITTI..... | 39 |
| | 10.1.1 Verifica allo spiccato | 39 |
| | 10.1.2 Verifica a quota rastremazione (piedritto senza BAR)..... | 48 |
| | 10.1.3 Verifica a quota rastremazione (piedritto con BAR) | 57 |
| 10.2 | VERIFICA SOLETTA IN FONDAZIONE | 65 |
| 10.3 | RIEPILOGO VERIFICHE A FESSURAZIONE | 76 |
| 11. | VERIFICHE GEO..... | 77 |
| 12. | INCIDENZA ARMATURA | 82 |

2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

2.1 Normative di riferimento

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

- [1] D.M. 17.01.2018 Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- [2] Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l’Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- [3] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B del 22-12-17: “Manuale di Progettazione delle Opere Civili” (MdP 2018) Parte II - Sezione 3: Corpo stradale;
- [4] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B del 22-12-17: “Manuale di Progettazione delle Opere Civili” (MdP 2018) Parte II - Sezione 2: Ponti e strutture;
- [5] UNI EN 206-1:2016. “Calcestruzzo – Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- [6] UNI 11104-2016: Calcestruzzo,” Classi di esposizione per calcestruzzo strutturale, in funzione delle condizioni ambientali”;
- [7] UNI EN 1992-1-1:2015. “Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- [8] UNI EN 1997-1:2013 – “Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali”;
- [9] UNI EN 1998-5:2005 – “Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.

2.2 Elaborati di progetto di riferimento

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Muro ad U - km 31+335 - 31+460 - Planimetria di tracciamento, profilo e sezioni 1 | Varie | N | R | 1 | J | 0 | 1 | D | 2 | 9 | P | Z | R | I | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 1 | 3 |
| Muro ad U - km 31+335 - 31+460 - Planimetria di tracciamento, profilo e sezioni 2 | Varie | N | R | 1 | J | 0 | 1 | D | 2 | 9 | P | Z | R | I | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 1 | 4 |

3. UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA

Si utilizza il Sistema Internazionale. Di seguito si riportano le descrizioni delle unità di misura principali:

- unità di misura principali

| | | |
|-----------|--------------------|--------------------|
| N | (Newton) | unità di forza |
| m | (metro) | unità di lunghezza |
| kg | (kilogrammo-massa) | unità di massa |
| s | (secondo) | unità di tempo |

- unità di misura derivate

| | | |
|------------------------|----------------------------|------------------------------|
| kN | (kiloNewton) | 10^3 N |
| MN | (megaNewton) | 10^6 N |
| kgf | (kilogrammo-forza) | 1 kgf = 9.81 N |
| cm | (centimetro) | 10^{-2} m |
| mm | (millimetro) | 10^{-3} m |
| Pa | (Pascal) | 1 N/m ² |
| kPa | (kiloPascal) | 10^3 N/m ² |
| Mpa | (megaPascal) | 10^6 N/m ² |
| N/m³ | (peso specifico) | |
| g | (accelerazione di gravità) | ~ 9.81 m/s ² |

- corrispondenze notevoli

1 MPa = 1 N/mm²
 1 MPa ~ 10 kgf/cm²
 1 kN/m³ ~ 100 kgf/m³

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

| | | | |
|----------|-----------|---------------------------|-----------------------|
| γ | (gamma) | peso dell'unità di volume | (kN/m ³) |
| σ | (sigma) | tensione normale | (N/mm ²) |
| τ | (tau) | tensione tangenziale | (N/mm ²) |
| ε | (epsilon) | deformazione | (m/m - adimensionale) |
| φ | (fi) | angolo di resistenza | (° sessagesimali) |

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali sono ricavate con riferimento alle indicazioni contenute nei capitoli 4 e 11 del D.M. 17 gennaio 2018. Nelle tabelle che seguono sono indicate le principali caratteristiche e i riferimenti dei paragrafi del D.M. citato.

4.1 Calcestruzzo

- γ_c = peso specifico = 25,00 kN/m³;
- Classe di resistenza = C30/37;
- R_{ck} = resistenza cubica = 37.00 N/mm²;
- f_{ck} = resistenza cilindrica caratteristica = 0.83 R_{ck} = 30.71 N/mm²;
- f_{cm} = resistenza cilindrica media = $f_{ck} + 8$ = 38.71 N/mm²;
- f_{ctm} = resistenza a trazione media = $0.30 \times f_{ck}^{2/3}$ = 2.94 N/mm²;
- f_{ctm} = resistenza a traz. per flessione media = $1.20 \times f_{ctm}$ = 3.53 N/mm²;
- f_{ctk} = resistenza a traz. per flessione caratt. = $0.70 \times f_{ctm}$ = 2.47 N/mm²;
- E_{cm} = modulo elast. tra 0 e $0.40f_{cm}$ = $22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$ = 33019 N/mm²;
- Tolleranza di posa del copriferro = 0 mm;
- Classe di esposizione XC3 ;
- Copriferro = 40 mm;
- Condizioni ambientali: Ordinarie;
- Apertura fessure limite: $w_2 = 0.2$ mm .

4.2 Acciaio di Armatura - Barre

Tipo = B 450 C

- γ_a = peso specifico = 78,50 kN/m³;
- $f_{y\ nom}$ = tensione nominale di snervamento = 450 N/mm²;
- $f_{t\ nom}$ = tensione nominale di rottura = 540 N/mm²;
- $f_{yk\ min}$ = minima tensione caratteristica di snervamento = 450 N/mm²;
- $f_{tk\ min}$ = minima tensione caratteristica di rottura = 540 N/mm²;
- $(f_t/f_y)_{k\ min}$ = minimo rapporto tra i valori caratteristici = 1,15;
- $(f_t/f_y)_{k\ max}$ = massimo rapporto tra i valori caratteristici = 1,35;
- $(f_y/f_{y\ nom})_k$ = massimo rapporto tra i valori nominali = 1,25;

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|---------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 9 di 83 |

- $(A_{gt})_k$ = allungamento caratteristico sotto carico massimo = 7,5 %;
- \varnothing_{\min} = minimo diametro consentito delle barre = 10 mm;
- \varnothing_{\max} = massimo diametro consentito delle barre = 40 mm;
- E = modulo di elasticità dell'acciaio = 206000 N/ mm².

Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:

- $\varnothing < 12$ mm 4 \varnothing ;
- $12 \leq \varnothing \leq 16$ mm 5 \varnothing ;
- $16 < \varnothing \leq 25$ mm 8 \varnothing ;
- $25 < \varnothing \leq 40$ mm 10 \varnothing .

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Di seguito si riporta la scheda geotecnica del tratto in oggetto.

- Modello geotecnico n° 4, dalla pk 31+300 alla pk 32+950

| Strato | Profondità da (m da p.c.) | Profondità a (m da p.c.) | Descrizione | Peso di volume γ [kN/m ³] | Tipo di terreno | Angolo di resistenza al taglio ϕ' (°) | C' (kPa) | Cu (kPa) | Modulo elastico Eop (MPa) |
|---|---------------------------|--------------------------|---|--|-----------------|--|----------|----------|---------------------------|
| 1 | 0.00 | 1.00 | Terreno sabbioso limoso con resti di materiale antropico | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 1.00 | 6.00 | Limo sabbioso debolmente argilloso | 16.00 | GF | 26.00 | 10.00 | 35.00 | 20.00 |
| 3 | 6.00 | 11.00 | Sabbia con limo debolmente argillosa | 16.00 | GG | 26.00 | 0.00 | - | 15.00 |
| 4 | 11.00 | 22.00 | Depositi di materiale derivante da attività vulcanica - Sabbia con limo / Limo con sabbia | 18.00 | GG | 30.00 | 0.00 | - | 30.00 |
| 5 | 22.00 | 30.00 | Limo sabbioso | 16.00 | GG | 26.00 | 0.00 | - | 20.00 |
| Falda: non rilevata | | | | | | | | | |
| Categoria di sottosuolo: C (cautelativa) | | | | | | | | | |

6. CRITERI PROGETTUALI

6.1 Vita Nominale

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

Nel presente caso l'opera viene inserita nella seguente tipologia di costruzione:

2) Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale

La cui vita nominale è pari a: 75 anni.

6.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un' interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l'opera appartiene alla seguente classe d'uso: II.

Il coefficiente d'uso è pari a: 1.00.

6.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione al periodo di riferimento V_R ricavato, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_u . pertanto $V_R = 75 \times 1.0 = 75$ anni.

7. ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari che agiscono sulla struttura in oggetto. Tali azioni sono definite secondo le normative e sono utilizzate per la generazione delle combinazioni di carico nell'ambito delle verifiche di resistenza, in esercizio e in presenza dell'evento sismico. Tutti i carichi elementari si riferiscono a un concio longitudinale di lunghezza unitaria, pertanto sono tutti definiti rispetto all'unità di lunghezza.

7.1 Peso proprio (G1-PPProp)

Il peso proprio del muro ad U viene calcolato in automatico dal programma di calcolo utilizzato.

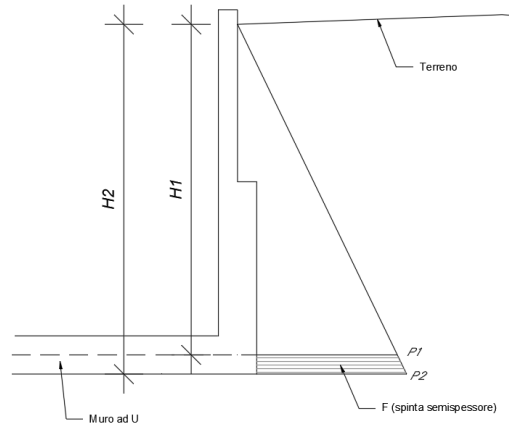
- Spessore soletta di fondazione: 1.20 m;
- Piedritto – spessore magro (non suporta BAR): 0.60 m;
- Piedritto – spessore magro (che suporta BAR): 1.05 m;
- Piedritti – spessore spesso: 1.20 m;
- Larghezza netta: 15.65 m;
- Altezza netta: 9.10 m.

7.2 Permanenti portati: spinta del terreno (G23-SPTDs e G24-SPTs)

Le spinte del terreno di rinfiaccio vengono calcolate assumendo alternativamente uno scenario di spinta non equilibrata sui due piedritti con spinta a riposo sul piedritto destro e spinta a riposo ridotta a 0.60 sul piedritto sinistro. Il caso opposto non viene considerato a causa della natura simmetrica della struttura.

I caratteristici del riempimento usato sono:

- peso di volume $\gamma = 19 \text{ kN/mc}$;
- angolo di attrito $\varphi' = 35^\circ$;
- coesione efficace $c' = 0$.



$$K_0 = 1 - \text{sen } \phi = 1 - \text{sen}(35^\circ) = 0.426$$

$$\text{Spinta in asse sol. inf. } P_1 = H_1 * K_0 * \gamma = 9.7\text{m} * 0.426 * 19\text{kN/m}^3 = 78.51 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Spinta alla quota di intradosso sol.inf. } P_2 = H_2 * K_0 * \gamma = 10.3\text{m} * 0.426 * 19\text{kN/m}^3 = 83.34 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Spinta semispessore sol. inf. } F = (P_1 + P_2) * h/2 = (78.51 + 83.34) * 0.6/2 = 48.56 \text{ kN/m}$$

7.3 Permanenti portati: Ballast, calcestruzzo e marciapiedi (G21-BAL e G22-PP Fond)

Ballast

- Lo spessore medio del ballast è 0.8 m;
- $\gamma_B =$ peso specifico = 18,00 kN/m³;
- $q_b = 14.4\text{kN/m}^2$.

Soletta sotto ballast

- Lo spessore medio della soletta è 0.92 m;
- $\gamma_B =$ peso specifico = 25,00 kN/m³;
- $q_b = 23\text{kN/m}^2$.

7.4 Carichi accidentali sulla fondazione – carichi treno (Qk1-CT)

I carichi verticali sono definiti per mezzo di modelli di carico, in particolare sono forniti due treni di carico distinti: il primo rappresentativo del traffico normale LM71, il secondo rappresentativo del traffico pesante SW2.

Coefficiente di adattamento α

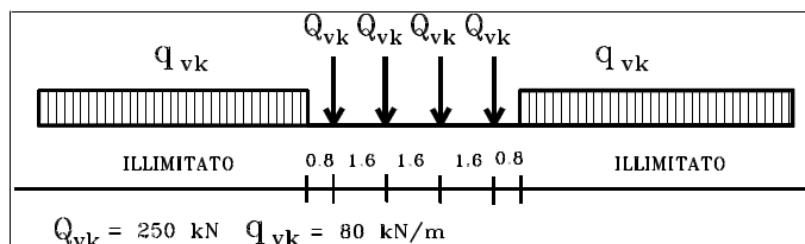
I valori dei suddetti carichi relativi alla configurazione LM71 e SW2 dovranno essere moltiplicati per un coefficiente di adattamento, variabile in ragione della tipologia dell'Infrastruttura (ferrovia ordinaria, ferrovia leggera metropolitana), viene di seguito riportata la tabella con la variabilità del coefficiente in base al tipo di linea o categoria di linea

| Tipi di linea o categorie di linea STI | Valore minimo del fattore alfa (α) |
|--|---|
| IV | 1.1 |
| V | 1.0 |
| VI | 1.1 |
| VII-P | 0.83 |
| VII-F, VII-M | 0.91 |

Per completezza di informazioni viene di seguito riportata la tabella attinente alla categorie di linea STI per il sottosistema Infrastruttura del sistema ferroviario convenzionale:

| Categorie di linea STI | | Tipo di traffico | | |
|------------------------|--|-------------------------|--------------------|--------------------|
| | | Traffico passeggeri (P) | Traffico merci (F) | Traffico misto (M) |
| Tipo di linea | Nuova linea TEN fondamentale (IV) | IV-P | IV-F | IV-M |
| | Linea TEN fondamentale ristrutturata (V) | V-P | V-F | V-M |
| | Altra nuova linea TEN (VI) | VI-P | VI-F | VI-M |
| | Altra linea TEN ristrutturata (VII) | VII-P | VII-F | VII-M |

Treno di carico LM71



E' stato applicato un carico distribuito equivalente dei 4 assi 250 kN ad interasse 1.60 m.

$$q_{\text{equivalente}} = 4 \times 250 / 6.40 = 156.25 \text{ kN/m.}$$

La distribuzione trasversale è come segue:

Lunghezza della traversa pari a 2.4m;

Distribuzione attraverso il ballast è con un pendio di 4:1 (Fig. 5.2.5 dal NTC 2018) e un spessore minimo del ballast sotto le traverse pari a 0.3m;

La distribuzione attraverso la solleta sotto-ballast con un angolo di 45°.

Larghezza di diffusione in direzione trasversale è pari a $2.4+0.3*2/4+2*0.92 = 4.39\text{m}$

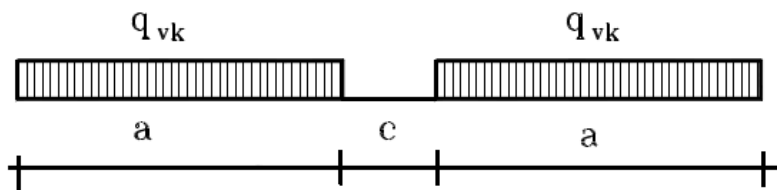
$$Q_{vk} = 4 \times 250 / (6.40 \times 4.39) = 35.59 \text{ kN/m}^2$$

$$q = q_{\text{equivalente}} \times \alpha \times \varphi = 35.59 \times 1.10 = \mathbf{39.15 \text{ kN/m}^2}$$

$$q_{vk} = 80 / 4.39 = 18.22 \text{ kN/m}^2$$

$$q = q_{\text{equivalente}} \times \alpha \times \varphi = 18.22 \times 1.10 = \mathbf{20.05 \text{ kN/m}^2}$$

Treno di carico SW2



$$q_{\text{equivalente}} = 150/4.39 = 34.17 \text{ kN/m}^2$$

$$q = q_{\text{equivalente}} \times \alpha \times \varphi = 34.17 \times 1.10 \times 1.00 = \mathbf{37.59 \text{ kN/m}^2}$$

Ai fini del dimensionamento del muro di sostegno si considera il treno LM71 in quanto presenta un valore maggiore del carico verticale rispetto al treno SW/2.

Forza centrifuga

Le forze centrifughe sono definite sd 5.2.2.3.1 del NTC2018:

$$Q_{sk} = \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha Q_{sk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha Q_{sk})$$

dove:

Q_{tk} - q_{tk} = valore caratteristico della forza centrifuga [kN -kN/m];

Q_{vk} - q_{vk} = valore caratteristico dei carichi verticali [kN -kN/m];

α = coefficiente di adattamento;

v = velocità di progetto espressa in m/s;

V = velocità di progetto espressa in km/h;

f = fattore di riduzione (definito in seguito nella 5.2.10);

g = accelerazione di gravità in m/s^2 ;

r = raggio di curvatura in m.

$f = 1$ per $V \leq 120$ km/h;

Nel caso più critico $Q_{tk} = [115^2 / (127 * 650.54)] * [1 * 1.1 * 39.15] = 6.89 \text{ kN/m}^2$ distribuiti su 4,39m nella direzione trasversale sotto ogni binario.

Sepeggio:

$Q_{sk} = 100 \text{ kN} \Rightarrow 22.78 \text{ kN/m}$

7.5 Carichi da pali T.E.

A distanze fissate, ci sono pali T.E supportati sulla solleta di fondazione del muro ad U. I carichi dovuti a questi pali sono come segue:

- peso sostegno tipo LSU18a – 550kg;
- peso sostegno tipo LSU16a – 458kg;
- Carpenteria varia per ogni sostegno – 500kg.
- Cautamente sono considerati solo i sostegni tipo LSU18a.
- I carichi dai pali sono applicati come forze concentrati a ogni lato della ferrovia con un valore di – $(550+500) * 9.81 = 10.3 \text{ kN}$ (carico permanente portato)

Carichi dovuti al vento non sono considerati, a causa della altezza dei pali (8200mm) che è più bassa di quella del muro e a causa della natura dei pali metallici quali sono di tipo traliccio.

7.6 Valutazione dell'azione sismica (E1-SISMAx+vo e E2-SISMAx-vo)

L'opera in oggetto viene progettata per una vita nominale $V_N = 75$ anni ed una classe d'uso II a cui corrisponde un coefficiente d'uso $C_U = 1.0$.

L'azione sismica di progetto è definita per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Il periodo di ritorno di quest'ultima - in funzione della vita utile, della classe d'uso, del tipo di costruzione e dello stato limite di riferimento (prima definiti) - è di 712 anni.

Essa, conformemente a quanto prescritto dalle Nuove Norme Tecniche, è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base del sito su cui l'opera insiste. Tale pericolosità sismica è descritta, in termini geografici e temporali:

- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco a_g (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$;
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera;
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} .

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta |>

Variabilità dei parametri |>

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri |>

Reticolo di riferimento


Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

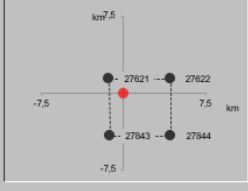
Interpolazione corretta

Interpolazione:



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- a_g , accelerazione orizzontale massima del terreno;
- 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.

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R

| SLATO LIMITE | T_R [anni] | a_g [g] | F_0 [-] | T_C^* [s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO | 45 | 0,038 | 2,654 | 0,252 |
| SLD | 75 | 0,044 | 2,669 | 0,276 |
| SLV | 712 | 0,074 | 2,941 | 0,351 |
| SLC | 1462 | 0,086 | 3,020 | 0,384 |

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici. Si assume un fattore di struttura $q=1$.

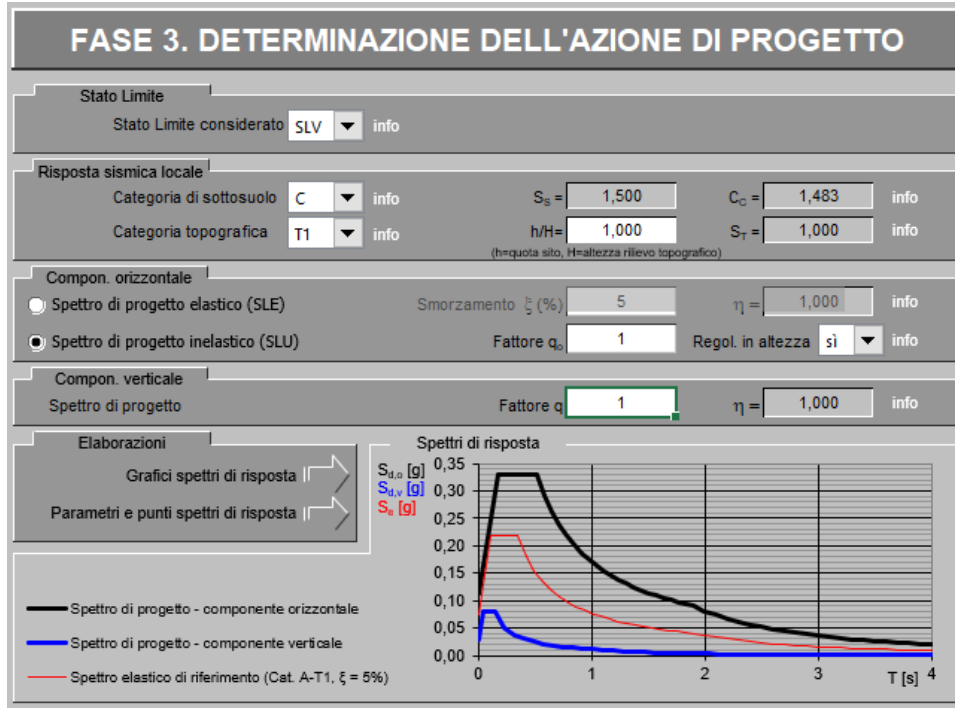
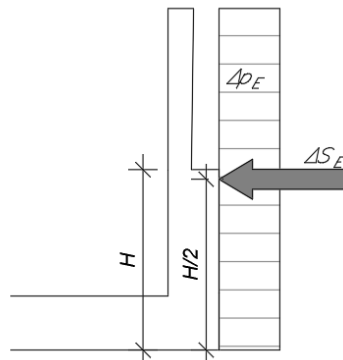


Fig. 2 – Spettro di risposta elastico

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovraspinta sismica è calcolata con la teoria di Wood, risultando in un valore di spinta al metro, distribuito uniformemente sull'intera altezza del piedritto, da applicare ad una quota pari ad $H/2$, cioè è $\Delta S_E = k_h * \gamma * H_2$ con ΔS_E applicata come mostrato nella figura seguente:



Sovraspinta sismica da teoria di Wood

Sisma orizzontale

| | | |
|---------------|---------------------------------|---------|
| Stato limite | Salvaguardia della vita - SLU - | SLV |
| Vita nominale | Vr | 75 anni |
| Classe d'uso | Cu | 1.0 |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 19 di 83 |

| | | | | | |
|---|--------------|---|-------------------------|--------------|-------------------------|
| accelerazione orizzontale | a_g/g | | | 0.074 | |
| amplificazione spettrale | F_0 | | | 2.941 | |
| Categoria sottosuolo | | A, B, C, D, E | | C | |
| Coeff. Amplificazione stratigrafica | S_s | | | 1.500 | |
| Coeff. Amplificazione topografica | S_t | | | 1 | |
| Coefficiente S | S | $=S_s \cdot S_t$ | | 1.500 | |
| accelerazione orizzontale max | a_{max}/g | $=a_g/g \cdot S$ | | 0.111 | |
| Fattore di struttura | q | | | 1.00 | |
| Coefficiente β_m | β_m | | Dal NTC2018, 7.11.6.2.1 | 1 | |
| Coeff. sismico orizzontale | k_h | $=\beta_m a_{max}/g$ | | 0.111 | |
| Coeff. sismico verticale | k_v | $=\pm 0.5 \cdot k_h$ | | 0.056 | |
| Forza orizz. sul piedritto senza BAR | FHp | $= (a_{max}/g) \cdot Sp \cdot \gamma = 0.111 \cdot (0.6 \cdot 4.3 + 1.2 \cdot 5.4) / 9.7 \cdot 25 =$ | | 2.59 | kN/m² |
| Forza orizz. sul piedritto con BAR | | $= (a_{max}/g) \cdot Sp \cdot \gamma = 0.111 \cdot (1.05 \cdot 4.3 + 1.2 \cdot 5.4) / 9.7 \cdot 25 =$ | | 3.15 | |
| Spinta del terreno in fase sismica (Condizione SPSPDX) | | | | | |
| Risultante della spinta sismica | ΔS_E | $= \beta_m \cdot (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2 = 1 \cdot 0.111 \cdot 19 \cdot 10.3^2$ | | 223.74 | kN/m |
| Pressione uniforme, risultante dalla spinta sismica | Δp_E | $= \Delta S_E / (H - d_{fond}/2) = 223.74 / 9.7$ | | 23.07 | kN/m² |
| Forze sismiche dai pali LSU | | | | | |
| Forze orizz. a base pali T.E | H_p | $= \beta_m (a_{max}/g) \cdot W = 0.089 \cdot 10.3$ | | 0.92 | kNm |
| Momenti a base pali T.E | M_p | $= \beta_m (a_{max}/g) \cdot W \cdot H/2 = 0.089 \cdot 10.3 \cdot 8.2/2$ | | 3.76 | kNm |

7.7 Carichi trasmitti sul muro dalla barriera antirumore tipo H2

Viene di seguito riportato un riepilogo delle azioni sul muro dalla barriera antirumore (presi dal 'Relazione di calcolo BA3 – NR1J00D29CLBA0000002), per quale sono riportati sono le forze associanti di pannelli bagnati (a ragione di questi essendo i carichi critici):

- 1) Pesi propri di BAR tipo H2 (carico come ottenuto in par. 4.1 della relazione sopra riportata):

Azione verticale: $N_{ppbar} = 43.27 \text{ kN}$

Momento fletente: $M_{ppbar} = 3.82 \text{ kNm}$

- 2) Azione del vento e azione aerodinamica dovuta al traffico ferroviario (carico come combinato da quelli ottenuti in par. 4.2 e par. 4.3 della relazione sopra riportata):

Azione verticale: $N_v = 4.11 \text{ kN}$

Azione orizzontale: $V_v = 19.35 \text{ kN}$

Momento fletente: $M_v = 41.61 \text{ kNm}$

- 3) Azione sismica (carico come ottenuto in par. 4.4 della relazione sopra riportata):

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 20 di 83 |

Azione verticale: $N_s = 8.24\text{kN}$

Momento fletente: $M_s = 12.73\text{kNm}$.

8. COMBINAZIONI DI CARICO

8.1 Combinazioni elementari di calcolo

In riferimento alle analisi di carico effettuate sono stati creati i casi di carico elementari impiegati poi nelle combinazioni di verifica ai vari Stati Limite riportati successivamente nella relazione.

Le combinazioni di carico elementari sono state poi combinate secondo i coefficienti dei vari stati limite indicati nel § 2 delle NTC18.

8.2 Definizione delle combinazioni di carico

Le combinazioni di carico sono stabilite, in modo da garantire la sicurezza, secondo quanto prescritto dal D.M. 17 gennaio 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) e del MdP RFI. In accordo al § 2.5.3 del D.M. 17/01/18 “Combinazioni delle azioni”, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.):

$$\gamma G1 \times G1 + \gamma G2 \times G2 + \gamma P \times P + \gamma Q1 \times Qk1 + \gamma Q2 \times \psi 02 \times Qk2 + \gamma Q3 \times \psi 03 \times Qk3 + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili:

$$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02 \times Qk2 + \psi 03 \times Qk3 + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili:

$$G1 + G2 + P + \psi 11 \times Qk1 + \psi 22 \times Qk2 + \psi 23 \times Qk3 + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (S.L.E.), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G1 + G2 + P + \psi 21 \times Qk1 + \psi 22 \times Qk2 + \psi 23 \times Qk3 + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 D.M. 14/01/08):

$$E + G1 + G2 + P + \psi 21 \times Qk1 + \psi 22 \times Qk2 + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6 D.M. 14/01/08):

$$G1 + G2 + P + Ad + \psi 21 \times Qk1 + \psi 22 \times Qk2 + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per S.L.E., 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 .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.). Nelle formule sopra riportate il simbolo “+” vuol dire “combinato con”.

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qi} sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I D.M. 17.01.2018:

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

| Categoria/Azione variabile | Ψ_{0j} | Ψ_{1j} | Ψ_{2j} |
|---|----------------------------|-------------|-------------|
| Categoria A - Ambienti ad uso residenziale | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria B - Uffici | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Categoria D - Ambienti ad uso commerciale | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN) | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN) | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Categoria I – Coperture praticabili | da valutarsi caso per caso | | |
| Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...) | | | |
| Vento | 0,6 | 0,2 | 0,0 |
| Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.) | 0,5 | 0,2 | 0,0 |
| Neve (a quota > 1000 m s.l.m.) | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| Variazioni termiche | 0,6 | 0,5 | 0,0 |

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

| | | Coefficiente | EQU | A1 | A2 |
|--|-------------|---------------|-----|-----|-----|
| | | γ_F | | | |
| Carichi permanenti G_1 | Favorevoli | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevoli | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$ | Favorevoli | γ_{G2} | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | Sfavorevoli | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Azioni variabili Q | Favorevoli | γ_{Qi} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevoli | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti;

γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella tabella seguente.

Tab. 5.2.IV -Valutazione dei carichi da traffico

| TIPO DI CARICO | Azioni verticali | | Azioni orizzontali | | | Commenti |
|----------------|----------------------|---------------|------------------------|---------------|---------------|-------------------------------------|
| | Carico verticale (1) | Treno scarico | Frenatura e avviamento | Centrifuga | Serpeggio | |
| Gruppo 1 (2) | 1,0 | - | 0,5 (0,0) | 1,0 (0,0) | 1,0 (0,0) | massima azione verticale e laterale |
| Gruppo 2 (2) | - | 1,0 | 0,0 | 1,0 (0,0) | 1,0 (0,0) | stabilità laterale |
| Gruppo 3 (2) | 1,0 (0,5) | - | 1,0 | 0,5 (0,0) | 0,5 (0,0) | massima azione longitudinale |
| Gruppo 4 | 0,8 (0,6;0,4) | - | 0,8 (0,6;0,4) | 0,8 (0,6;0,4) | 0,8 (0,6;0,4) | Fessurazione |

(1) Includendo tutti i valori (F; a; etc..)

(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1.0), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1,2 e 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali ed i coefficienti di combinazione ψ delle tabelle seguenti.

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

| Coefficiente | | | EQU ⁽¹⁾ | A1 | A2 |
|---|-------------|---------------|---------------------|---------------------|------|
| Azioni permanenti | favorevoli | γ_{G1} | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,10 | 1,35 | 1,00 |
| Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ | favorevoli | γ_{G2} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Ballast ⁽³⁾ | favorevoli | γ_B | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Azioni variabili da traffico ⁽⁴⁾ | favorevoli | γ_Q | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,45 | 1,45 | 1,25 |
| Azioni variabili | favorevoli | γ_{Qi} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Precompressione | favorevole | γ_P | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevole | | 1,00 ⁽⁵⁾ | 1,00 ⁽⁶⁾ | 1,00 |
| Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente | favorevole | γ_{Ce} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevole | d | 1,20 | 1,20 | 1,00 |

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

Tab. 1 – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione Ψ delle azioni

| Azioni | | Ψ_0 | Ψ_1 | Ψ_2 |
|------------------|---|---------------------|---------------------|----------|
| Azioni singole | Carico sul rilevato a tergo delle spalle | 0,80 | 0,50 | 0,0 |
| da traffico | Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli | 0,80 | 0,50 | 0,0 |
| | g_{r1} | 0,80 ⁽²⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| Gruppi di | g_{r2} | 0,80 ⁽²⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | - |
| carico | g_{r3} | 0,80 ⁽²⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| | g_{r4} | 1,00 | 1,00 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| Azioni del vento | F_{Wk} | 0,60 | 0,50 | 0,0 |
| Azioni da neve | in fase di esecuzione SLU e SLE | 0,80 | 0,0 | 0,0 |
| Azioni termiche | T_k | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | | 0,60 | 0,60 | 0,50 |

⁽¹⁾ 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

⁽²⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti Ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tab. 2 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni

Sono prese in considerazione le seguenti verifiche agli stati limite ultimi:

- SLU di tipo Geotecnico (GEO), relative a condizioni di:
Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno;
- SLU di tipo strutturale (STR), relative a condizioni di:
Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche sono svolte considerando il seguente approccio:

Approccio 2:

A1 + M1 + R3

Tale approccio prevede un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali che nelle verifiche geotecniche.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| Parametro | Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale | Coefficiente parziale γ_M | (M1) | (M2) |
|--|---|----------------------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \varphi'_k$ | $\gamma_{\varphi'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Coesione efficace | c'_k | $\gamma_{c'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1,0 | 1,4 |
| Peso dell'unità di volume | γ_γ | γ_γ | 1,0 | 1,0 |

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche α

| Verifica | Coefficiente parziale (R3) |
|---------------|----------------------------|
| Carico limite | $\gamma_R = 2,3$ |
| Scorrimento | $\gamma_R = 1,1$ |

Si ottengono le combinazioni riportate nella successiva tabella:

Relazione di calcolo muro ad U

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NR1J 01 D 29 CL RI0005007 A 26 di 83

| Combinazione | Tipo di combinazione | | G1-Pprop | G21-BAL | G22-PP Fond | Qk1-CT | Vento su barriera | G23-SPTDs | G24-SPTs | E1-SISMAX+vo | E2-SISMAX-vo |
|--------------|-------------------------|---|----------|---------|-------------|--------|-------------------|-----------|----------|--------------|--------------|
| SLU_01 | Fondamentale - statiche | γ | 1,35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,35 | 1,35 | 0 | 0 |
| | | ψ | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SLU_02 | Fondamentale - statiche | γ | 1,35 | 1,5 | 1,5 | 0 | 0 | 1,35 | 1,35 | 0 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SLU_03 | Fondamentale - statiche | γ | 1,35 | 1,5 | 1,5 | 0 | 0 | 1,35 | 1,35 | 0 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,6 | 1 | 1 |
| SLU_04 | Fondamentale - statiche | γ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,6 | 1 | 1 |
| SLU_05 | Fondamentale - statiche | γ | 1,35 | 1,5 | 1,5 | 1,45 | 1,5 | 1,35 | 1,35 | 0 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,6 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SLU_06 | Fondamentale - statiche | γ | 1,35 | 1,5 | 1,5 | 1,45 | 1,5 | 1,35 | 1,35 | 0 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,6 | 1 | 0,6 | 1 | 1 |
| SLU_07 | Fondamentale - statiche | γ | 1,35 | 1,5 | 1,5 | 1,45 | 1,5 | 1,35 | 1,35 | 0 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SLU_08 | Fondamentale - statiche | γ | 1,35 | 1,5 | 1,5 | 1,45 | 1,5 | 1,35 | 1,35 | 0 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 0,8 | 1 | 1 | 0,6 | 1 | 1 |
| SLV_01 | Sismica | γ | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 0,2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SLV_02 | Sismica | γ | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 0,2 | 0 | 1 | 0,6 | 1 | 1 |
| SLV_03 | Sismica | γ | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 0,2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SLV_04 | Sismica | γ | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 0,2 | 0 | 1 | 0,6 | 1 | 1 |
| SLV_05 | Sismica | γ | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 0,2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SLV_06 | Sismica | γ | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 0,2 | 0 | 1 | 0,6 | 1 | 1 |
| SLV_07 | Sismica | γ | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 0,2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SLV_08 | Sismica | γ | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 0,2 | 0 | 1 | 0,6 | 1 | 1 |
| SLE_01 | Caratteristica/Rara | γ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,6 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SLE_02 | Caratteristica/Rara | γ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,6 | 1 | 0,6 | 1 | 1 |
| SLE_03 | Caratteristica/Rara | γ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SLE_04 | Caratteristica/Rara | γ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 0,8 | 1 | 1 | 0,6 | 1 | 1 |
| SLE_05 | Frequente | γ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 0,6 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SLE_06 | Frequente | γ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 0,6 | 0 | 1 | 0,6 | 1 | 1 |
| SLE_07 | Frequente | γ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SLE_08 | Frequente | γ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 0,6 | 1 | 1 |
| SLE_09 | Quasi permanente | γ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SLE_10 | Quasi permanente | γ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | | ψ | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0,6 | 1 | 1 |

9. MODELLAZIONE STRUTTURALE

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del SAP2000, un Codice di calcolo F.E.M. (Finite Element Method) capace di gestire analisi lineari e non lineari ed analisi sismiche con integrazione al passo delle equazioni nel tempo. Dal modello sono state dedotte, per le combinazioni di calcolo statiche e sismiche descritte in precedenza, le sollecitazioni complessive agenti sugli elementi strutturali al fine di procedere con le verifiche di sicurezza previste dalle Normative di riferimento. Dallo stesso modello sono state poi ricavate le sollecitazioni agenti all'intradosso della soletta di fondazione necessarie ai fini delle verifiche geotecniche del sistema terreno-fondazione e delle verifiche strutturali.

Convenzione assi:

- x = asse trasversale dello scatolare
- y = asse longitudinale dello scatolare
- z = asse verticale dello scatolare

9.1 Modellazione adottata

Il modello di calcolo attraverso il quale viene discretizzata la struttura è quello di telaio chiuso. Per simulare il comportamento del terreno di fondazione vengono inserite **molle alla Winkler**.

La soletta inferiore viene divisa in elementi per poter schematizzare, tramite molle applicate, l'interazione terreno-struttura.

Il coefficiente di sottofondo alla Winkler viene determinato con la seguente relazione:

$$K = \frac{0.65E}{1-\nu^2} \sqrt[3]{\frac{Eb^4}{(EJ)_{fond}}}$$

dove:

| | | |
|----------------|--------------------------|--|
| E | = 15 MPa | modulo elastico del terreno |
| ν | = 0.3 | coefficiente di poisson |
| B | = 1m | larghezza unitaria della fondazione |
| h | = 1.2 m | spessore della fondazione |
| J | = 0.144 m ⁴ | inerzia trave |
| K _w | = 6619 kN/m ³ | coefficiente di sottofondo alla Winkler. |

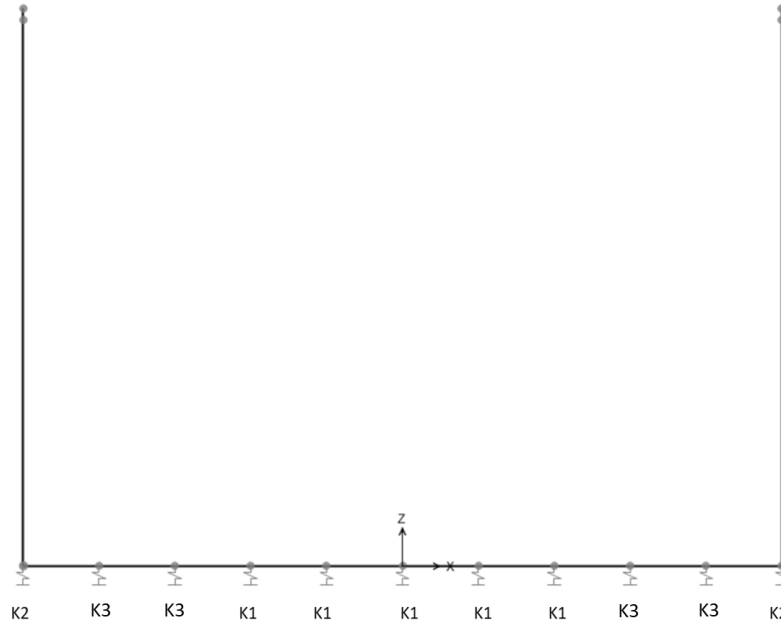


Fig. 3 – Modello struttura su suolo elastico

| Rigidezze molle | | | | |
|------------------|----|--|----------|------|
| Interasse molle | i | $(1.20/2 + 15.65 + 1.20/2) / 10 =$ | 1.685 | m |
| Molle centrali | K1 | $6619 \cdot 1.685 =$ | 11153.02 | kN/m |
| Molle di spigolo | K2 | $2 \cdot 6619 \cdot (1.685/2 + 1.2/2) =$ | 19095.82 | kN/m |
| Molle intermedie | K3 | 1.5K1 | 16729.52 | kN/m |

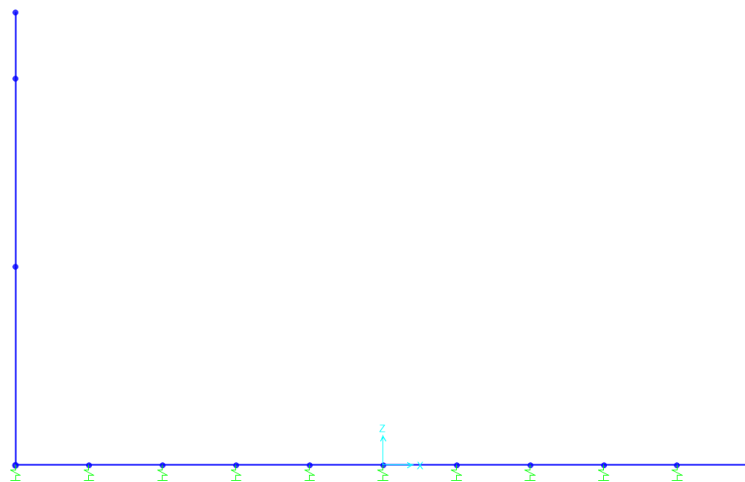


Fig. 4 – Modellazione EF

| SectionName | Material | Shape | t3 | t2 | Area | TorsConst | I33 | I22 | I23 |
|-------------|----------|-------|----|----|------|-----------|-----|-----|-----|
| Text | Text | Text | m | m | m2 | m4 | m4 | m4 | m4 |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 29 di 83 |

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-------------|----------|---|------|----------|----------|--------|---|
| Fondazione | C30/37 | Rectangular | 1,2 | 1 | 1,2 | 0,198439 | 0,144 | 0,1 | 0 |
| Piedritto - spessore magro | C30/37 | Rectangular | 0,6 | 1 | 0,6 | 0,045078 | 0,018 | 0,05 | 0 |
| Piedritto - spessore magro BAR | C30/37 | Rectangular | 1,0 5 | 1 | 1,05 | 0,154397 | 0,096469 | 0,0875 | 0 |
| Piedritto - spessore spesso | C30/37 | Rectangular | 1,2 | 1 | 1,2 | 0,198439 | 0,144 | 0,1 | 0 |

| SectionName | AS2 | AS3 | S33 | S22 | Z33 | Z22 | R33 | R22 |
|-----------------------------------|-------|-------|---------|-------|----------|--------|----------|----------|
| Text | m2 | m2 | m3 | m3 | m3 | m3 | m | m |
| Fondazione | 1 | 1 | 0,24 | 0,2 | 0,36 | 0,3 | 0,34641 | 0,288675 |
| Piedritto - spessore magro | 0,5 | 0,5 | 0,06 | 0,1 | 0,09 | 0,15 | 0,173205 | 0,288675 |
| Piedritto - spessore magro BAR | 0,875 | 0,875 | 0,18375 | 0,175 | 0,275625 | 0,2625 | 0,303109 | 0,288675 |
| Piedritto - spessore spesso | 1 | 1 | 0,24 | 0,2 | 0,36 | 0,3 | 0,34641 | 0,288675 |

Tab. 3 – Caratteristiche geometriche degli elementi beam

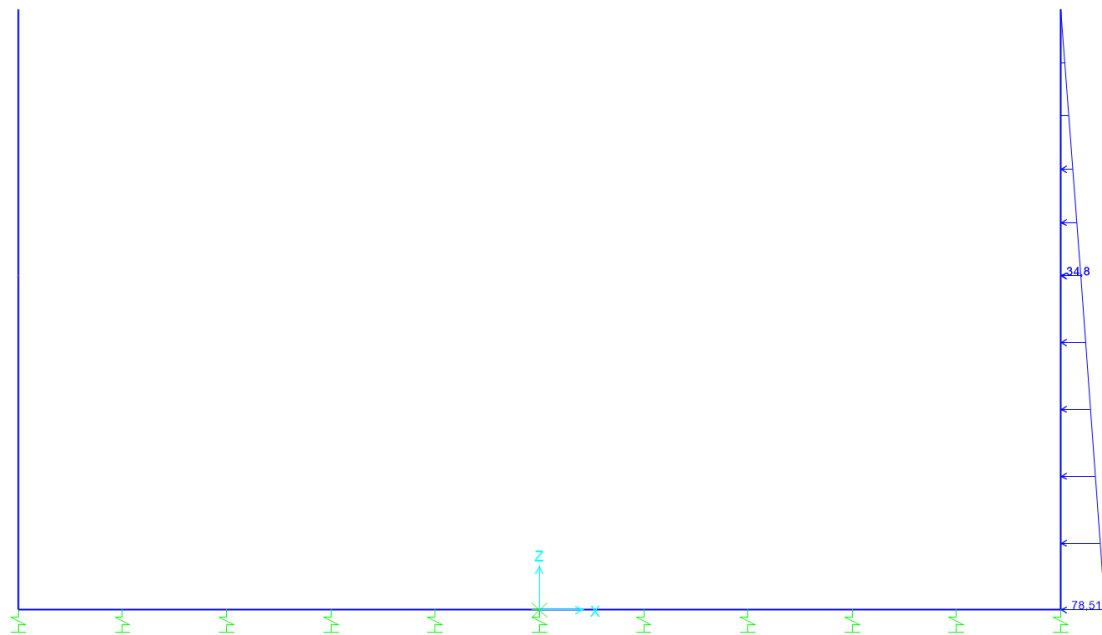


Figura 1: Spinta destra

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 30 di 83 |

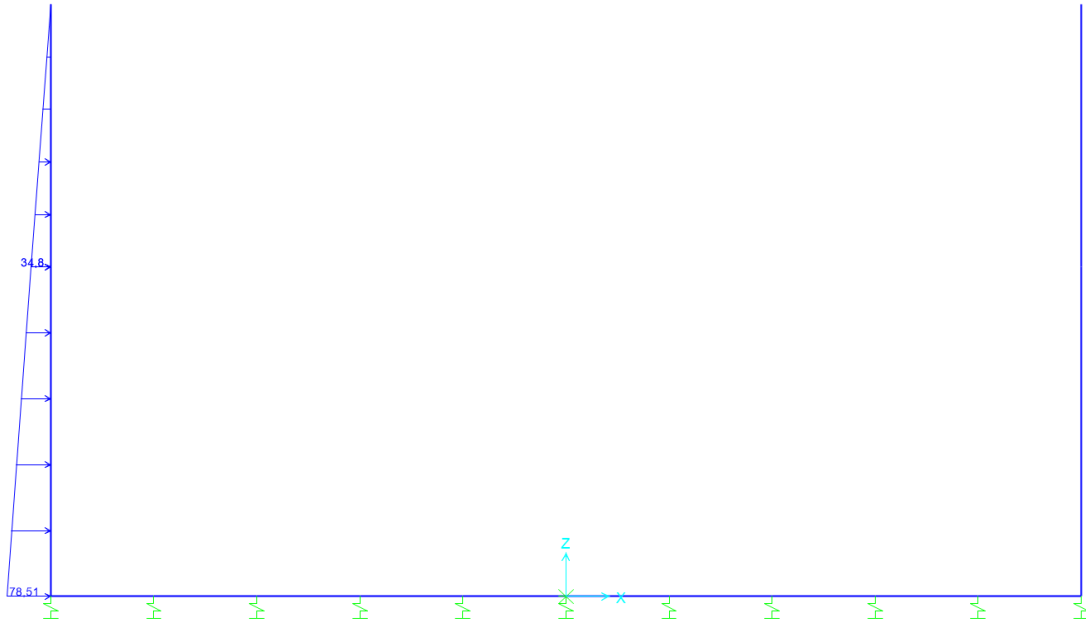


Figura 2: Spinta sinistra

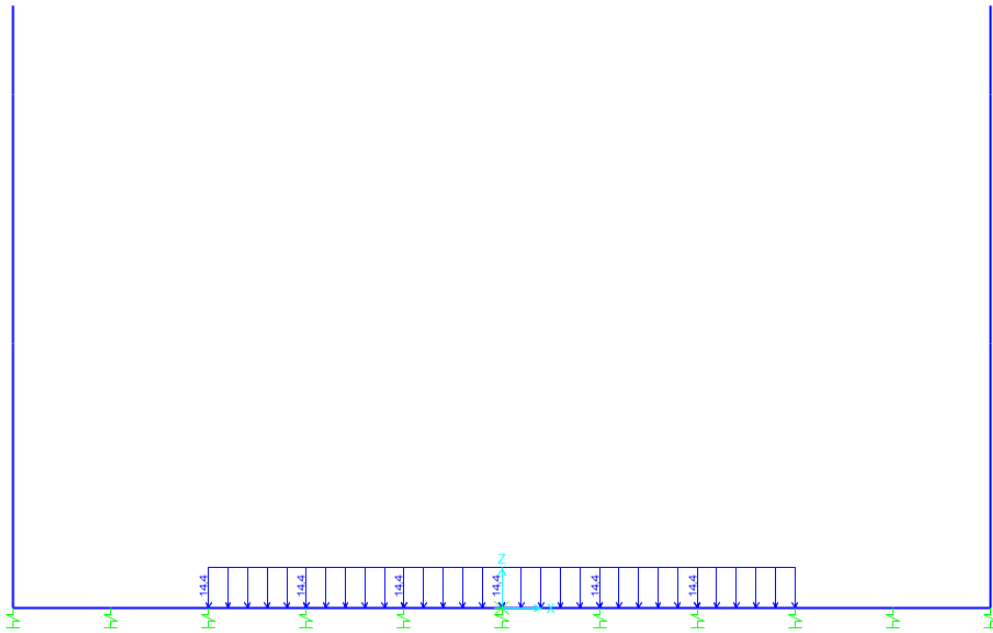


Figura 3: Ballast

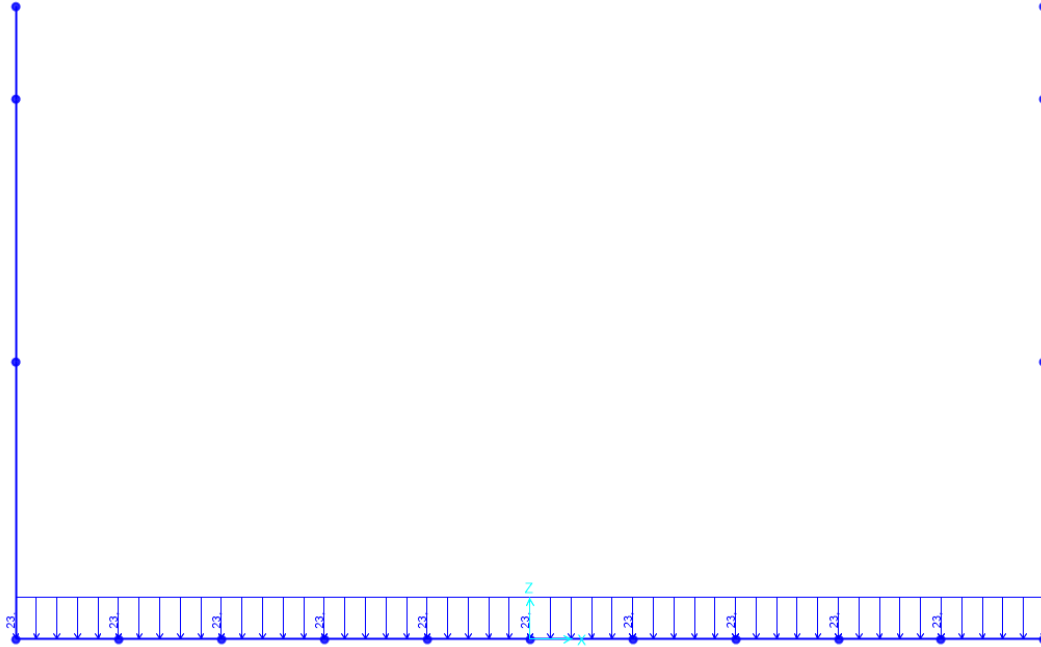


Figura 4: Permanenti portati sulla fondazione

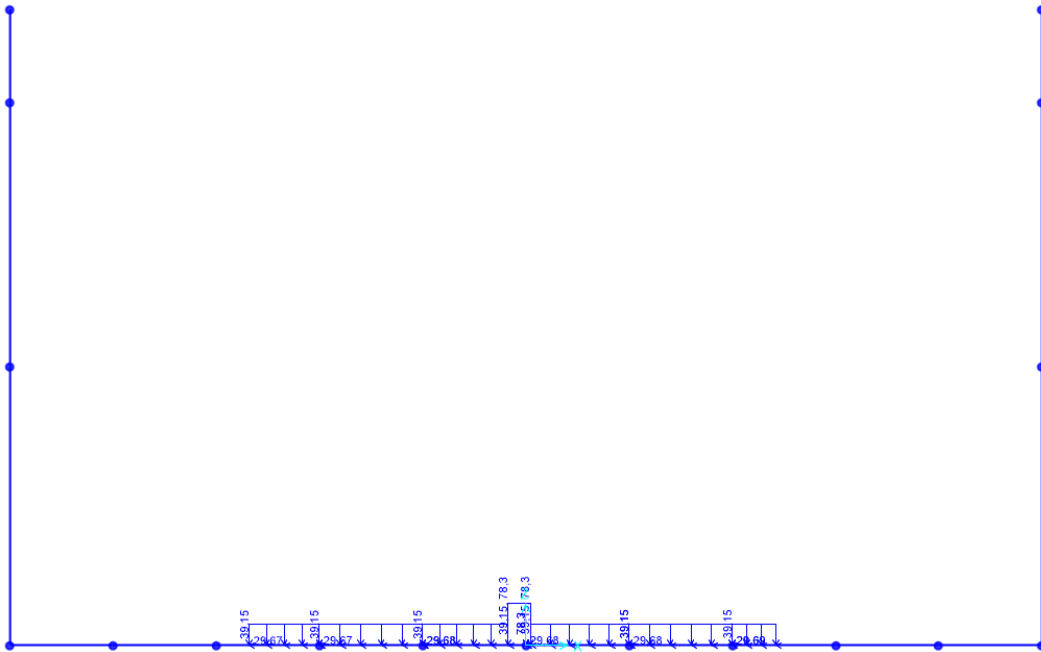


Figura 5: Carichi treni

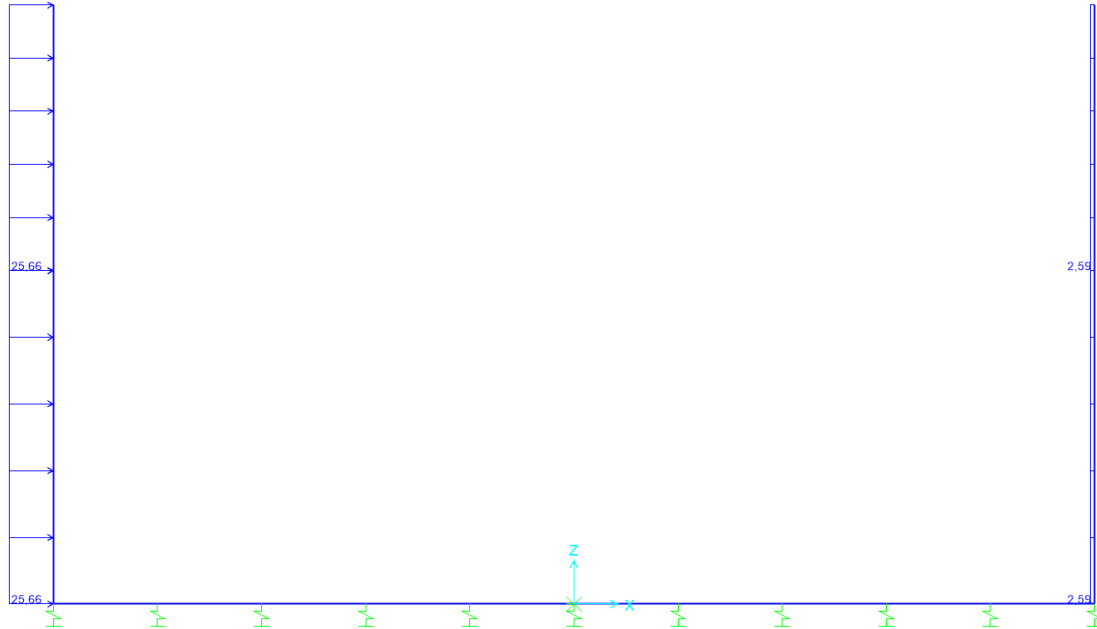


Figura 6: Sisma

9.2 RISULTATI ANALISI STRUTTURALE

Di seguito vengono descritte le sollecitazioni della struttura desunte dal modello di carico. Il modello strutturale presenta elementi rigidi che schematizzano lo snodo strutturale tra piedritti e platea di fondazione. In questo modo le sollecitazioni utilizzate per le verifiche strutturali sono più realistiche e non sono sovrastimate.

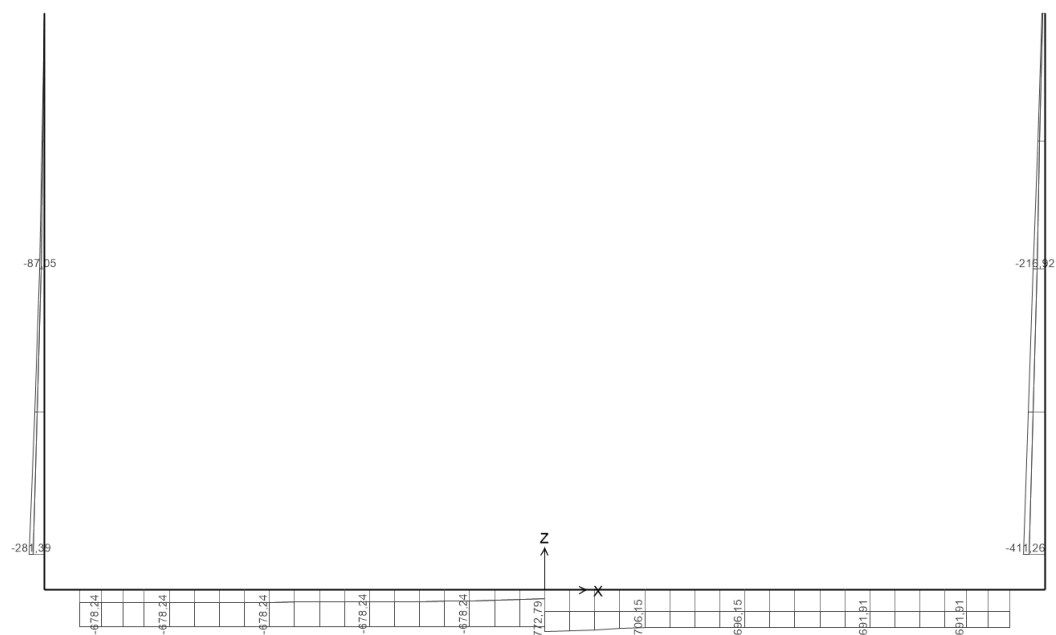


Fig. 5 – Sforzo assiale INV SLU+SLV

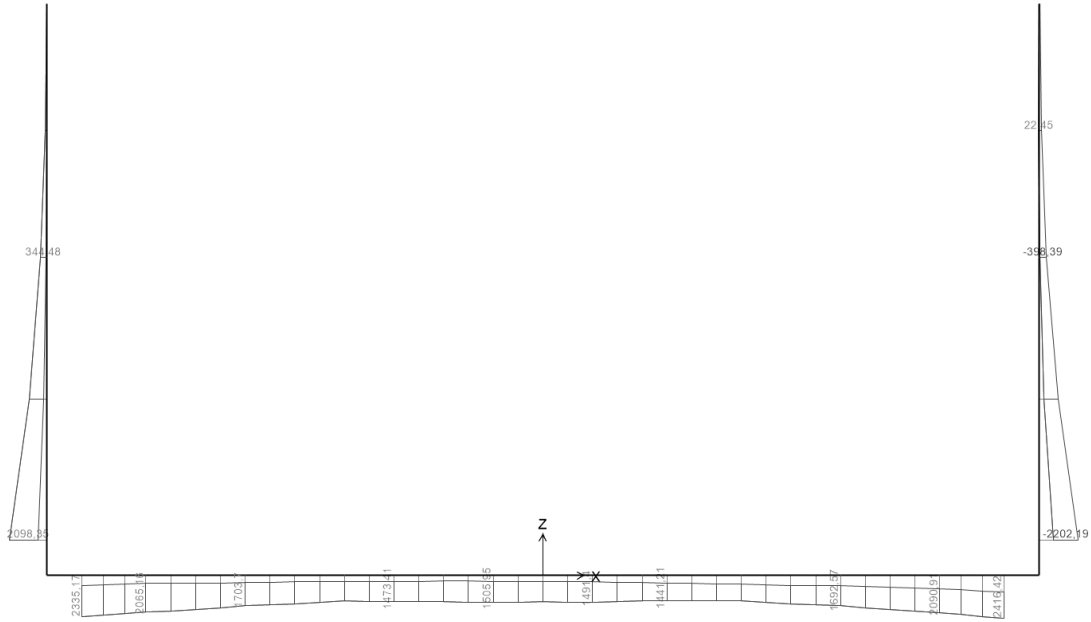


Fig. 6 – Sollecitazione flessionale INV SLU

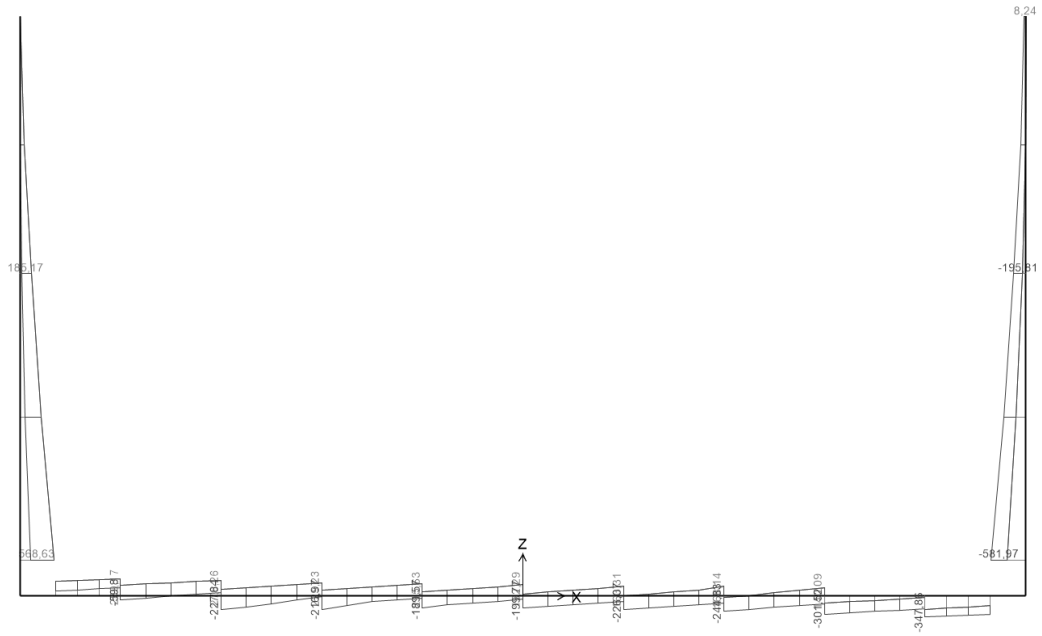


Fig. 7 – Sollecitazione tagliante INV SLU

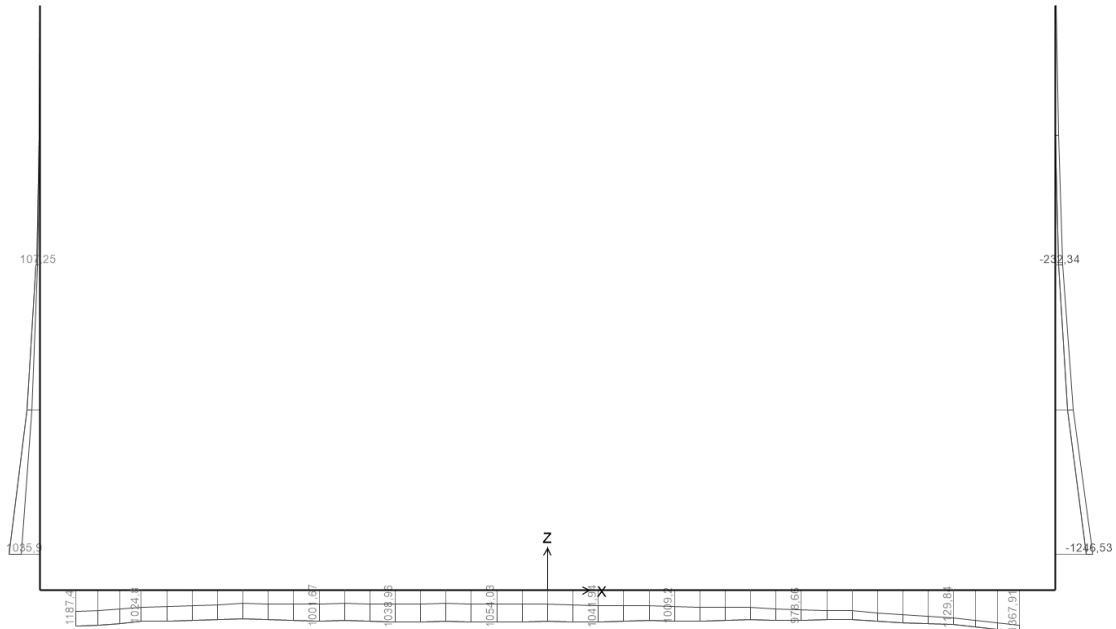


Fig. 8 – Sollecitazione flessionale INV SLE

Le sollecitazioni massime nella struttura sono come segue.

Piedritto – sezione magro (senza BAR)

Sollecitazioni SLU e SLV:

| Frame | Station | OutputCase | P | V2 | M3 | |
|-------|---------|------------|--------|--------|--------|-------------|
| 22 | 0 | SLU_01 | -87,05 | 101,02 | 144,79 | Pmax |
| 22 | 0 | SLV_05 | -64,48 | 185,17 | 344,48 | Mmax e Vmax |

Sollecitazioni flessionali SLE:

| Frame | Station | OutputCase | P | V2 | M3 | |
|-------|---------|------------|--------|-------|--------|-------------------------------|
| 22 | 0 | SLE_03 | -64,48 | 74,83 | 107,25 | Combinazione rara |
| 22 | 0 | SLE_05 | -64,48 | 74,83 | 107,25 | Combinazione frequente |
| 22 | 0 | SLE_09 | -64,48 | 74,83 | 107,25 | Combinazione quasi-permanente |

Piedritto – sezione magro (con BAR)

Sollecitazioni SLU e SLV:

| Frame | Station | OutputCase | P | V2 | M3 | |
|-------|---------|------------|---------|---------|---------|-------------|
| 24 | 0 | SLU_07 | -216,92 | -130,04 | -332,33 | Pmax |
| 24 | 0 | SLV_03 | -156,11 | -195,82 | -398,40 | Mmax e Vmax |

Sollecitazioni flessionali SLE:

| Frame | Station | OutputCase | P | V2 | M3 | |
|-------|---------|------------|---------|--------|---------|-------------------------------|
| 24 | 0 | SLE_03 | -160,22 | -94,18 | -232,34 | Combinazione rara |
| 24 | 0 | SLE_08 | -158,17 | -84,50 | -170,08 | Combinazione frequente |
| 24 | 0 | SLE_09 | -156,11 | -74,83 | -107,83 | Combinazione quasi-permanente |

Piedritti – sezione spesso

Sollecitazioni SLU e SLV:

| Frame | Station | OutputCase | P | V2 | M3 | |
|-------|---------|------------|---------|---------|----------|-------------|
| 23 | 0,6 | SLU_07 | -411,26 | -481,45 | -1715,48 | Pmax |
| 23 | 0,6 | SLV_07 | -300,07 | -581,97 | -2202,19 | Mmax e Vmax |

Sollecitazioni flessionali SLE:

| Frame | Station | OutputCase | P | V2 | M3 | |
|-------|---------|------------|---------|---------|----------|-------------------------------|
| 23 | 0,6 | SLE_03 | -304,18 | -354,48 | -1246,54 | Combinazione rara |
| 23 | 0,6 | SLE_07 | -302,12 | -344,80 | -1137,69 | Combinazione frequente |
| 21 | 0,6 | SLE_09 | -208,44 | 335,13 | 1035,90 | Combinazione quasi-permanente |

Fondazione

Sollecitazioni SLU e SLV:

| Frame | Station | OutputCase | P | V2 | M3 | |
|-------|---------|------------|---------|---------|---------|------|
| 33 | 0 | SLU_05 | -772,79 | -110,71 | 1455,87 | Pmax |
| 37 | 1,085 | SLV_03 | -691,91 | -269,34 | 2417,58 | Mmax |
| 37 | 0 | SLU_01 | -579,60 | -347,86 | 1150,01 | Vmax |

Sollecitazioni flessionali SLE:

| Frame | Station | OutputCase | P | V2 | M3 | |
|-------|---------|------------|---------|---------|---------|-------------------------------|
| 37 | 1,085 | SLE_03 | -448,69 | -188,50 | 1369,21 | Combinazione rara |
| 37 | 1,085 | SLE_07 | -439,01 | -196,41 | 1249,81 | Combinazione frequente |
| 28 | 0,6 | SLE_09 | -429,34 | 144,57 | 1173,32 | Combinazione quasi-permanente |

Di seguito vengono descritte le deformazioni della struttura desunte dal modello di carico.

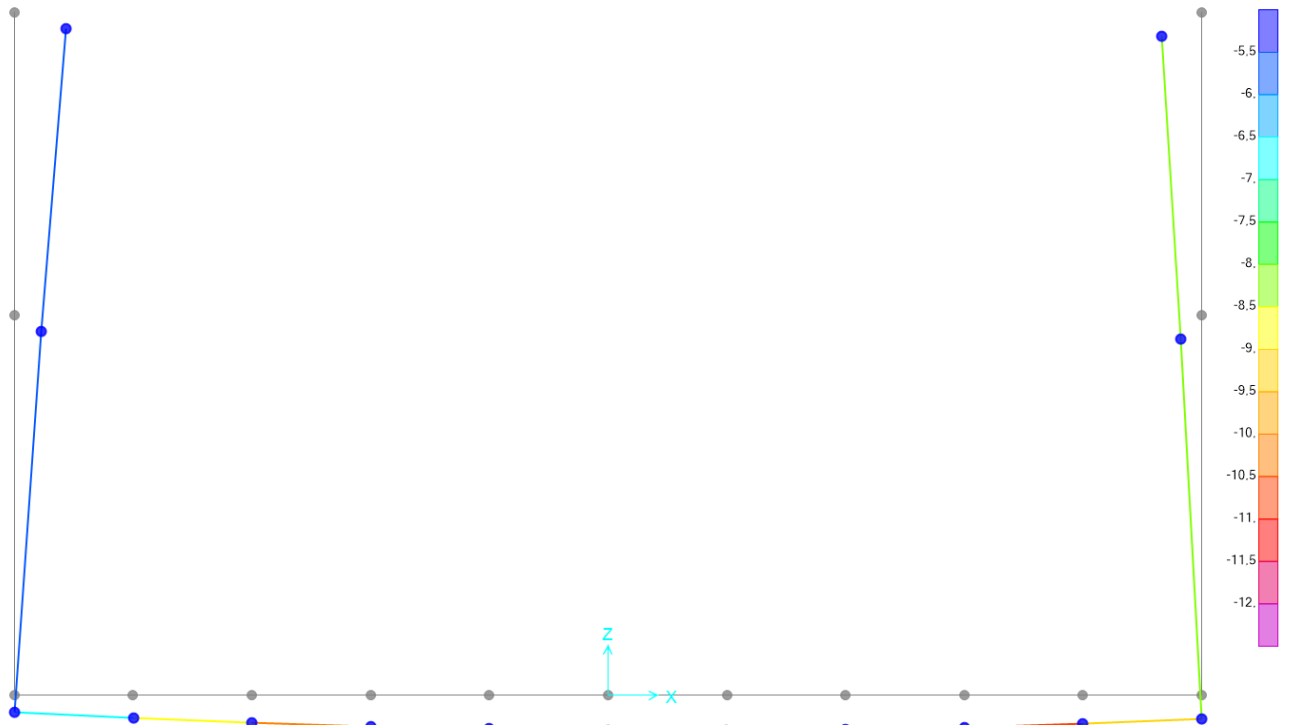


Figura 7: Deformazioni verticali per carichi permanenti (SLE_09) [mm]

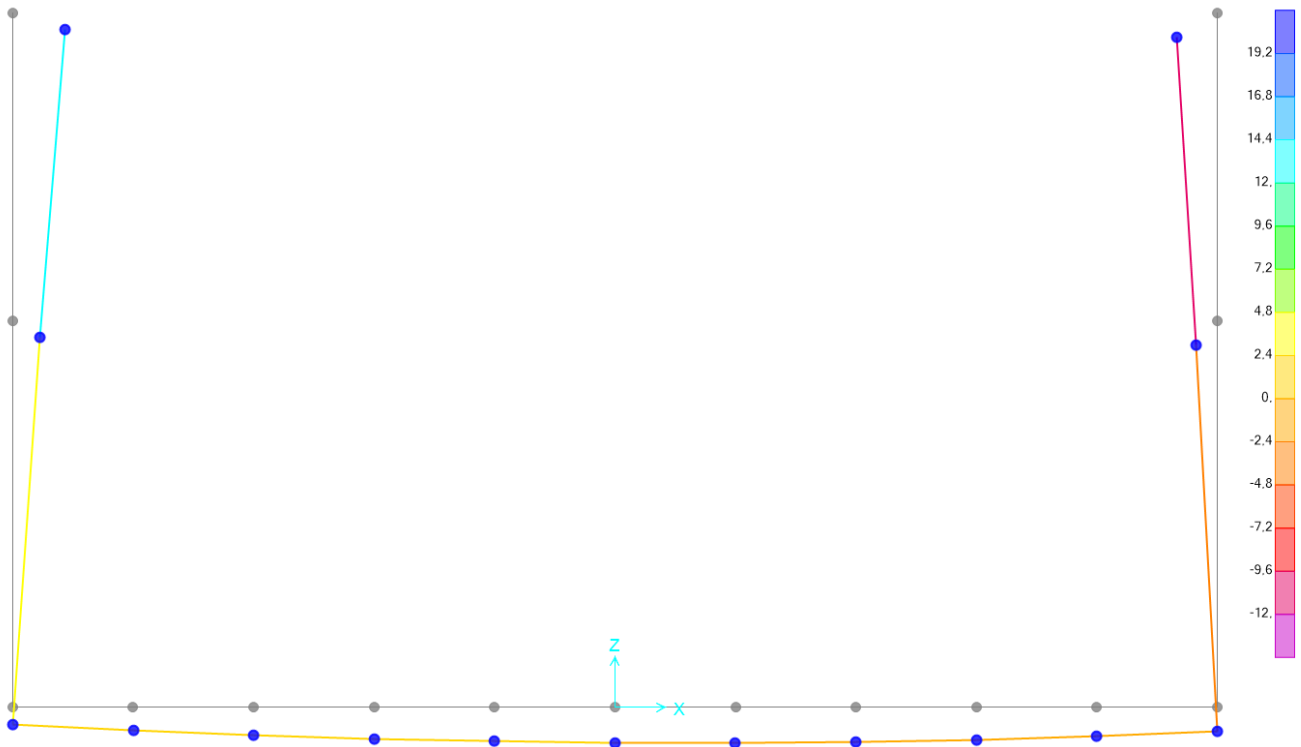


Figura 8: Deformazioni orizzontali per carichi permanenti (SLE_09) [mm]

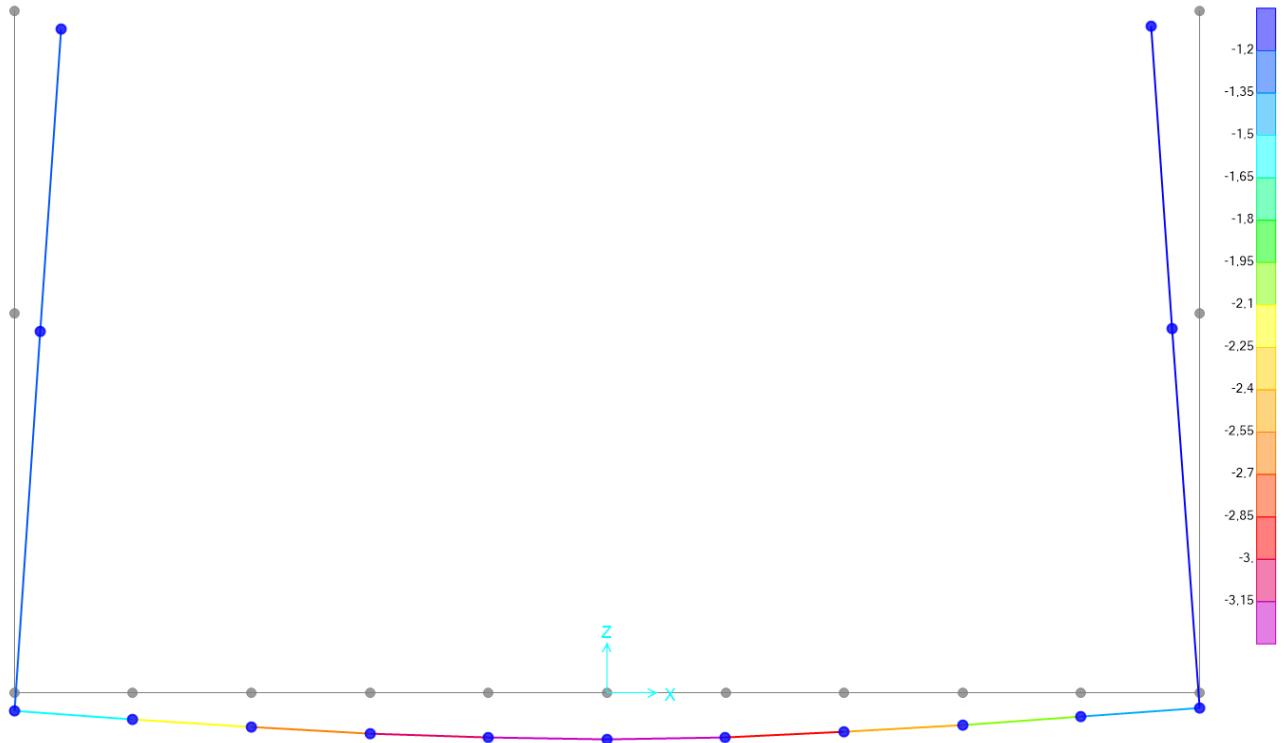


Figura 9: Deformazioni verticali per carichi treno [mm]

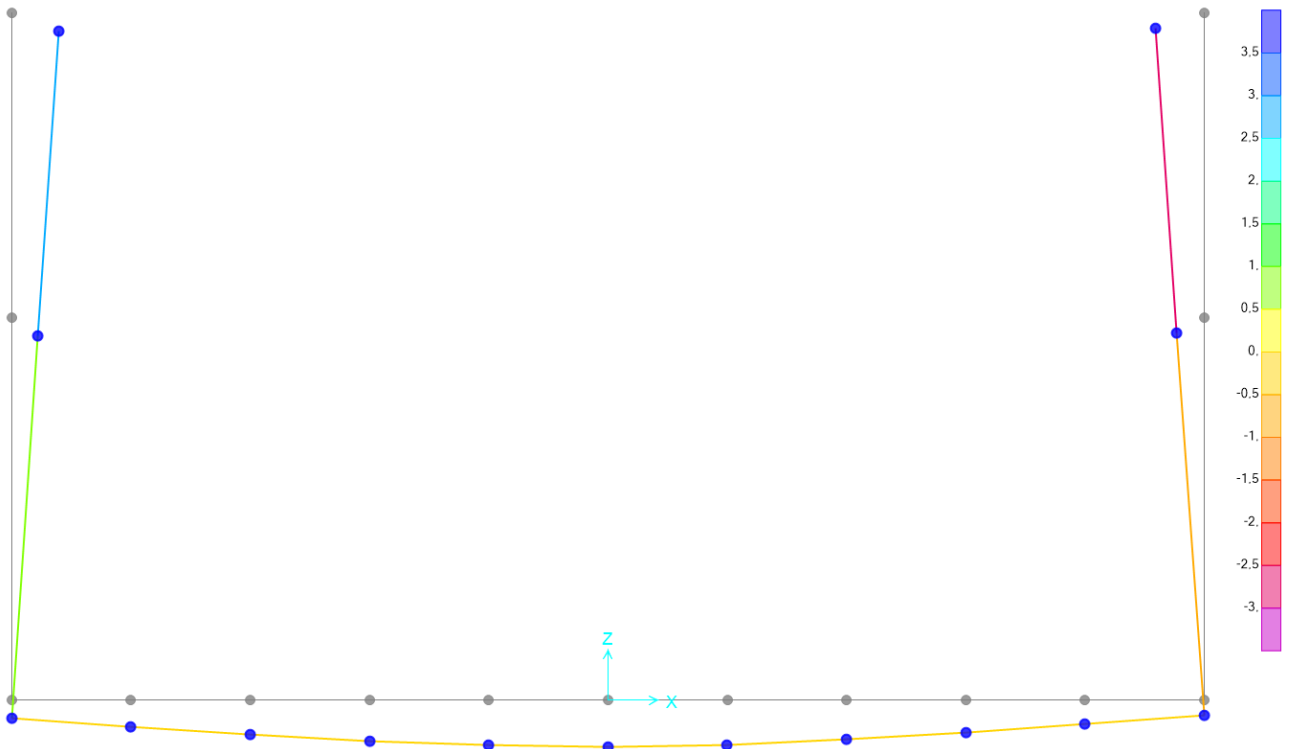


Figura 10: Deformazioni orizzontali per carichi treno [mm]

| Joint | OutputCase | F3 |
|-------|-------------|---------|
| Text | Text | KN |
| 1 | Inv SLU+SLV | 236,977 |
| 1 | Inv SLU+SLV | 33,227 |
| 3 | Inv SLU+SLV | 240,972 |
| 3 | Inv SLU+SLV | 69,701 |
| 36 | Inv SLU+SLV | 254,865 |
| 36 | Inv SLU+SLV | 101,522 |
| 37 | Inv SLU+SLV | 294,396 |
| 37 | Inv SLU+SLV | 124,726 |
| 38 | Inv SLU+SLV | 220,996 |
| 38 | Inv SLU+SLV | 90,266 |
| 39 | Inv SLU+SLV | 238,351 |
| 39 | Inv SLU+SLV | 95,19 |
| 40 | Inv SLU+SLV | 245,852 |
| 40 | Inv SLU+SLV | 98,039 |
| 41 | Inv SLU+SLV | 243,414 |
| 41 | Inv SLU+SLV | 98,7 |
| 42 | Inv SLU+SLV | 231,301 |
| 42 | Inv SLU+SLV | 96,8 |
| 43 | Inv SLU+SLV | 314,958 |
| 43 | Inv SLU+SLV | 137,549 |
| 44 | Inv SLU+SLV | 269,957 |
| 44 | Inv SLU+SLV | 123,742 |

Tab. 4 – Reazioni ai nodi della struttura

10. VERIFICHE STR

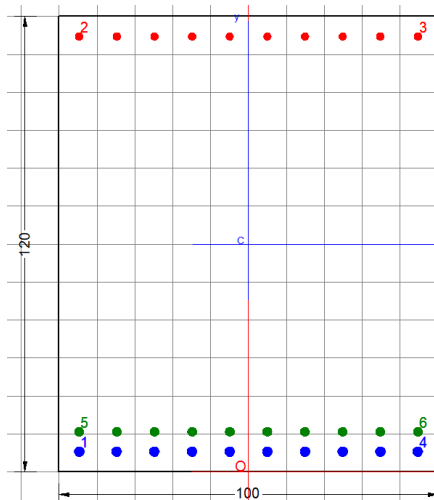
10.1 Verifica piedritti

10.1.1 Verifica allo spiccato

La verifica è stata effettuata su una sezione H=120 B=100, armata con strato primo di $\phi 26/10$ e strato secondo di $\phi 24/10$ nella zona tesa e con $\phi 20/10$ in zona compressa. Il copriferro di calcolo è pari a 6.2 cm. Le verifiche presentate qui di sotto, sono fatte con il software RC'SEC.

Pressoflessione

$$M_{Ed} = 2202.19.00 \text{ kNm}$$



GENERAL DATA OF GENERIC RC CROSS-SECTION

Section Name: Piedritti - sezione spesso.secEC

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\02 Muro ad U - km 31+350\Piedritti - sezione spesso.secEC)

Section description:

| | |
|-------------------------------|---|
| Section type: | Beam without stirrups |
| Reference code: | EC2/EC8 Italian Annex |
| Exposure Class: | XC3 - Carbonation (long-term water contact/foundations) |
| Stress path: | Constant axial force force to achieve bending ULS |
| Reference of assigned forces: | Principal axes y,y of inertia |

MATERIALS DATA

| | | |
|------------|--|----------------------------|
| CONCRETE - | Class: | C30/37 |
| | Design compressive strength fcd: | 17,0 MPa |
| | Shear reduced compressive strength v1*fcd: | 8,5 MPa (6.9)EC2 |
| | Coeff Crd,c: | 0,1200 (§ 6.2.2(1) EC2 |
| | Coeff K1: | 0,1500 (§ 6.2.2(1) EC2 |
| | Coeff v min: | 0,0111 Mpa (§ 6.2.2(1) EC2 |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 40 di 83 |

| | | |
|---|--------------------|---------------------|
| Strain at max strength ϵ_{c2} : | 0,0020 | |
| Ultimate strain ϵ_{cu} : | 0,0035 | |
| Compression diagram stress-strain: | Parabola-Rettangle | |
| Mean Elastic Modulus E_{cm} : | 32836,6 | MPa |
| Mean tensile strength f_{ctm} : | 2,9 | MPa |
| Es/Ec in SLS combination: | 15,00 | |
| Stress limit in SLS Characteristic comb.: | 18,0 | kN/cm ² |
| Stress limit in SLS Frequent comb.: | 180,0 | daN/cm ² |
| Crack width limit in SLS Frequent comb.: | 0,400 | mm |
| Stress limit in SLS Quasi-perm. comb.: | 13,50 | Mpa |
| Crack width limit in SLS Quasi-perm. comb.: | 0,300 | mm |

| | | | |
|---------|--|----------|-----|
| STEEL - | Longitudinal Bars and Stirrups: | B450C | |
| | Characteristic yield stress f_{yk} : | 450,00 | MPa |
| | Tensile strength f_{tk} : | 540,0 | MPa |
| | Design yield stress f_{yd} : | 391,3 | MPa |
| | Design strength f_{td} : | 391,3 | MPa |
| | Design ultimate strain ϵ_{su} : | 0,068 | |
| | Mean elastic modulus E_s : | 200000,0 | MPa |
| | SLS Charact. - S_s Limit: | 360,00 | MPa |

GEOMETRICAL DATA OF CONCRETE CROSS-SECTION

Shape of Region: Polygonal
Concrete Class: C30/37

| Vertex N.: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1 | -50,0 | 0,0 |
| 2 | -50,0 | 120,0 |
| 3 | 50,0 | 120,0 |
| 4 | 50,0 | 0,0 |

DATA ISOLATED LONGITUDINAL BARS

| Bar N. | X [cm] | Y [cm] | Diam \varnothing [mm] |
|--------|--------|--------|-------------------------|
| 1 | -44,7 | 5,3 | 26 |
| 2 | -44,7 | 114,7 | 20 |
| 3 | 44,7 | 114,7 | 20 |
| 4 | 44,7 | 5,3 | 26 |
| 5 | -44,7 | 10,5 | 24 |
| 6 | 44,7 | 10,5 | 24 |

DATA OF LINEAR GENERATIONS OF LONGITUDINAL BARS

N. Gen. Number of generated bars of the current linear generation
N.Initial Bar Order number of initial bar (between the isolated bars just defined)
N.Final Bar Order number of final bar (between the isolated bars just defined)
N. Bars Number of bars generated equidistant in the current generation
 \varnothing Diameter [mm] of generated bars

| Gen.N. | Initial Bar | Final Bar | N. Bars | \varnothing |
|--------|-------------|-----------|---------|---------------|
| 1 | 1 | 4 | 8 | 26 |
| 2 | 2 | 3 | 8 | 20 |
| 3 | 5 | 6 | 8 | 24 |

ULTIMATE LIMIT STATE - ASSIGNED DESIGN FORCES FOR EACH COMBINATION

| | |
|------|--|
| N d | Design axial force [kN] applied at centroid of concrete section (+ if compressive) |
| Mx d | Design bending force [kNm] around x principal axis of inertia |
| My d | Design bending force [kNm] around y principal axis of inertia |
| Vy d | Design shear component [kN] parallel to y principal axis of inertia |
| Vx d | Design shear component [kN] parallel to x principal axis of inertia |

| Comb.N. | N d | Mx d | My d | Vy d | Vx d |
|---------|--------|---------|------|--------|------|
| 1 | 411,26 | 1715,48 | 0,00 | 481,45 | 0,00 |
| 2 | 300,07 | 2202,19 | 0,00 | 581,97 | 0,00 |

CHECKS RESULTS

Checks OK for all assigned combinations

| | |
|---|--------|
| Min edge cover of longitudinal bars: | 4,0 cm |
| Min distance between longitudinal bars: | 2,7 cm |

ULTIMATE LIMIT STATES - N-MX-MY CAPACITY CHECKS

| | |
|------------|--|
| Check | Result of check |
| N | Design axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive) |
| Mx | Design bending moment [kNm] around x axis principal of inerzia |
| My | Design bending moment [kNm] around y axis principal of inerzia |
| N ult | Axial force capacity [kN] (+ if compressive) |
| Mx ult | Bending moment capacity [kNm] around x axis principal of inertia |
| My ult | Bending moment capacity [kNm] around y axis principal of inertia |
| S.F. | Safety Factor = vectorial ratio of (N ult,Mx ult,My ult) to (N,Mx,My). Check OK if ratio >=1.00 |
| As Tension | Area [cm ²] of bars in tension (beam section). Min area for code is shown between brackets [eq.(9.1N) EC2] |

| Comb.N. | Check | N | Mx | My | N ult | Mx ult | My ult | S.F. | As Tension |
|---------|-------|--------|---------|------|--------|---------|--------|-------|------------|
| 1 | OK | 411,26 | 1715,48 | 0,00 | 411,44 | 4225,54 | 0,00 | 2,445 | 98,3(0,0) |
| 2 | OK | 300,07 | 2202,19 | 0,00 | 299,82 | 4178,66 | 0,00 | 1,891 | 98,3(0,0) |

ULTIMATE LIMIT STATE - BENDING AND AXIAL FORCE - STRAIN VALUES

| | |
|--------|--|
| ec max | Ultimate compressive strain in concrete |
| ec* | Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed) |
| Xc max | X-coordinate [cm] in the concrete point in wich is ec max |
| Yc max | Y-coordinate [cm] in the concrete point in wich is ec max |
| es max | Max strain in steel bars (+ if compressive) |
| Xs max | X-coordinate [cm] of bar in wich is es max |
| Ys max | Y-coordinate [cm] of bar in wich is es max |
| es min | Min strain in steel bars (+ if compressive) |
| Xs min | X-coordinate [cm] of bar in wich is es min |
| Ys min | Y-coordinate [cm] of bar in wich is es min |

| Comb.N. | ec max | ec* | Xc max | Yc max | es max | Xs max | Ys max | es min | Xs min | Ys min |
|---------|---------|----------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 0,00350 | -0,00468 | 50,0 | 120,0 | 0,00266 | 44,7 | 114,7 | -0,01474 | -44,7 | 5,3 |
| 2 | 0,00350 | -0,00499 | 50,0 | 120,0 | 0,00263 | 44,7 | 114,7 | -0,01543 | -44,7 | 5,3 |

BENDING COMBINATION N. 1 : ULTIMATE STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 42 di 83 |

Reg. Number of concrete region to which it relates the vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

| Vert.N. | Reg. | Xc | Yc | Sc | e c |
|---------|------|--------|--------|-------|------------|
| 1 | 1 | -50,00 | 0,00 | 0,00 | -0,0155783 |
| 2 | 1 | -50,00 | 120,00 | 17,00 | 0,0035000 |
| 3 | 1 | 50,00 | 120,00 | 17,00 | 0,0035000 |
| 4 | 1 | 50,00 | 0,00 | 0,00 | -0,0155783 |

Longitudinal Bars:

Bar N. Order numbers assigned to the bars
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of single bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

| Bar N. | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|--------|--------|---------|------------|
| 1 | -44,70 | 5,30 | -391,30 | -0,0147357 |
| 2 | -44,70 | 114,70 | 391,30 | 0,0026574 |
| 3 | 44,70 | 114,70 | 391,30 | 0,0026574 |
| 4 | 44,70 | 5,30 | -391,30 | -0,0147357 |
| 5 | -44,70 | 10,50 | -391,30 | -0,0139090 |
| 6 | 44,70 | 10,50 | -391,30 | -0,0139090 |
| 7 | -34,77 | 5,30 | -391,30 | -0,0147357 |
| 8 | -24,83 | 5,30 | -391,30 | -0,0147357 |
| 9 | -14,90 | 5,30 | -391,30 | -0,0147357 |
| 10 | -4,97 | 5,30 | -391,30 | -0,0147357 |
| 11 | 4,97 | 5,30 | -391,30 | -0,0147357 |
| 12 | 14,90 | 5,30 | -391,30 | -0,0147357 |
| 13 | 24,83 | 5,30 | -391,30 | -0,0147357 |
| 14 | 34,77 | 5,30 | -391,30 | -0,0147357 |
| 15 | -34,77 | 114,70 | 391,30 | 0,0026574 |
| 16 | -24,83 | 114,70 | 391,30 | 0,0026574 |
| 17 | -14,90 | 114,70 | 391,30 | 0,0026574 |
| 18 | -4,97 | 114,70 | 391,30 | 0,0026574 |
| 19 | 4,97 | 114,70 | 391,30 | 0,0026574 |
| 20 | 14,90 | 114,70 | 391,30 | 0,0026574 |
| 21 | 24,83 | 114,70 | 391,30 | 0,0026574 |
| 22 | 34,77 | 114,70 | 391,30 | 0,0026574 |
| 23 | -34,77 | 10,50 | -391,30 | -0,0139090 |
| 24 | -24,83 | 10,50 | -391,30 | -0,0139090 |
| 25 | -14,90 | 10,50 | -391,30 | -0,0139090 |
| 26 | -4,97 | 10,50 | -391,30 | -0,0139090 |
| 27 | 4,97 | 10,50 | -391,30 | -0,0139090 |
| 28 | 14,90 | 10,50 | -391,30 | -0,0139090 |
| 29 | 24,83 | 10,50 | -391,30 | -0,0139090 |
| 30 | 34,77 | 10,50 | -391,30 | -0,0139090 |

BENDING COMBINATION N. 2 : ULTIMATE STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

| Vert.N. | Reg. | Xc | Yc | Sc | e c |
|---------|------|--------|--------|-------|------------|
| 1 | 1 | -50,00 | 0,00 | 0,00 | -0,0163041 |
| 2 | 1 | -50,00 | 120,00 | 17,00 | 0,0035000 |
| 3 | 1 | 50,00 | 120,00 | 17,00 | 0,0035000 |
| 4 | 1 | 50,00 | 0,00 | 0,00 | -0,0163041 |

Longitudinal Bars:

| Bar N. | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|----|----|----|-----|
|--------|----|----|----|-----|

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 43 di 83 |

| | | | | |
|----|--------|--------|---------|------------|
| 1 | -44,70 | 5,30 | -391,30 | -0,0154294 |
| 2 | -44,70 | 114,70 | 391,30 | 0,0026253 |
| 3 | 44,70 | 114,70 | 391,30 | 0,0026253 |
| 4 | 44,70 | 5,30 | -391,30 | -0,0154294 |
| 5 | -44,70 | 10,50 | -391,30 | -0,0145712 |
| 6 | 44,70 | 10,50 | -391,30 | -0,0145712 |
| 7 | -34,77 | 5,30 | -391,30 | -0,0154294 |
| 8 | -24,83 | 5,30 | -391,30 | -0,0154294 |
| 9 | -14,90 | 5,30 | -391,30 | -0,0154294 |
| 10 | -4,97 | 5,30 | -391,30 | -0,0154294 |
| 11 | 4,97 | 5,30 | -391,30 | -0,0154294 |
| 12 | 14,90 | 5,30 | -391,30 | -0,0154294 |
| 13 | 24,83 | 5,30 | -391,30 | -0,0154294 |
| 14 | 34,77 | 5,30 | -391,30 | -0,0154294 |
| 15 | -34,77 | 114,70 | 391,30 | 0,0026253 |
| 16 | -24,83 | 114,70 | 391,30 | 0,0026253 |
| 17 | -14,90 | 114,70 | 391,30 | 0,0026253 |
| 18 | -4,97 | 114,70 | 391,30 | 0,0026253 |
| 19 | 4,97 | 114,70 | 391,30 | 0,0026253 |
| 20 | 14,90 | 114,70 | 391,30 | 0,0026253 |
| 21 | 24,83 | 114,70 | 391,30 | 0,0026253 |
| 22 | 34,77 | 114,70 | 391,30 | 0,0026253 |
| 23 | -34,77 | 10,50 | -391,30 | -0,0145712 |
| 24 | -24,83 | 10,50 | -391,30 | -0,0145712 |
| 25 | -14,90 | 10,50 | -391,30 | -0,0145712 |
| 26 | -4,97 | 10,50 | -391,30 | -0,0145712 |
| 27 | 4,97 | 10,50 | -391,30 | -0,0145712 |
| 28 | 14,90 | 10,50 | -391,30 | -0,0145712 |
| 29 | 24,83 | 10,50 | -391,30 | -0,0145712 |
| 30 | 34,77 | 10,50 | -391,30 | -0,0145712 |

ULTIMATE LIMIT STATE - POSITION OF NEUTRAL AXIS FOR EACH COMBINATION

a, b, c Coeff. a, b, c in neutral axis equation: $aX+bY+c=0$ reference X,Y,O
 x/d Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section
 D Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [eq.(5.10)EC2]

| Comb.N. | a | b | c | x/d | D |
|---------|-------------|-------------|--------------|-------|-------|
| 1 | 0,000000000 | 0,000158986 | -0,015578328 | 0,192 | 0,700 |
| 2 | 0,000000000 | 0,000165034 | -0,016304107 | 0,185 | 0,700 |

Taglio

$V_{Ed} = 581.97 \text{ kN}$

La verifica è stata condotta no considerando staffe.

ULTIMATE LIMIT STATE - SHEAR CHECKS IN MEMBER NOT REQUIRING SHEAR REINFORCEMENT

Check Result of check
 Ved Design shear force [kN] = sum of V_x and V_y projected onto the normal to the neutral axis
 Vrd,c Shear resistance [kN] [§6.2.2 EC2]
 d Mean weighted effective depth of cross-section [cm]
 bw Mean weighted width of cross-section [cm]
 Ro Ratio of long. tensile reinforcement to $(bw \cdot d)$ [<0.02]
 Scp Ratio of axial force N to the area A_c of concrete cross-section [Mpa]
 k Coeff. k in the equation (6.2.a) EC2

| Comb.N. | Check | Ved | Vrd,c | d | bw | Ro | Scp | k |
|---------|-------|-----|-------|---|----|----|-----|---|
|---------|-------|-----|-------|---|----|----|-----|---|

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 44 di 83 |

| | | | | | | | | |
|---|----|--------|--------|-------|-------|--------|------|-------|
| 1 | OK | 481,45 | 607,06 | 114,7 | 100,0 | 0,0093 | 0,34 | 1,435 |
| 2 | OK | 581,97 | 593,33 | 114,7 | 100,0 | 0,0093 | 0,25 | 1,434 |

Stati limite d'esercizio

SERVICEABILITY LIMIT STATES - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
 Mx Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.
 My Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.

| Comb.N. | N | Mx | My |
|---------|--------|---------|------|
| 1 | 304,18 | 1246,54 | 0,00 |

SERVICEABILITY LIMIT STATES - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
 Mx Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.
 My Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.

| Comb.N. | N | Mx | My |
|---------|--------|-------------------|-------------|
| 1 | 302,12 | 1137,69 (1072,30) | 0,00 (0,00) |

SERVICEABILITY LIMIT STATES - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive)
 Mx Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.
 My Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.

| Comb.N. | N | Mx | My |
|---------|--------|-------------------|-------------|
| 1 | 208,44 | 1035,90 (1056,90) | 0,00 (0,00) |

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Tension in concrete: Not considered in any case
 Check Result of Check
 Reg Number of current concrete sub-region of the cross section
 Sc max (Sc lim) Max compressive stress (+) in concrete [Mpa]. Code limit stress Sc lim is shown between brackets
 Xc max, Yc max X-coordinae, Y-coordinate [cm] of concrete vertex corresponding to Sc max (reference X,Y,O)
 Ss min (Ss lim) Min stress (- if tensile) in steel bars [Mpa]. Code limit stress is shown between brackets
 Xs min, Ys min X-coordinae, Y-coordinate [cm] of bar corresponding to Ss min (reference X,Y,O)
 Ac eff Effective tension area [cm²] that is the area of concrete surrounding the tension reinforcement (for crack width control)
 As eff Area of tension steel bars [cm²] within Ac eff (for crack width control)
 r eff Geometrical ratio Ac eff / Ac eff [eq.(7.10) Ec2]

| NComb | Reg | Check | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff | As eff | r eff |
|-------|-----|-------|-------------|--------|--------|----------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1 | 1 | OK | 5,26 (18,0) | -50,0 | 120,0 | -118,1 (360,0) | -34,8 | 5,3 | 1900 | 98,3 | 0,052 |

SLS CHARACTERISTIC - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Section is assumed always cracked even if flexural tensile stress does not exceeds f_{ctm}

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 45 di 83 |

| | |
|-------------|--|
| Check | Result of check |
| e1 | Greater concrete tensile strain (tension is -) assessed in cracked section |
| e2 | Lesser concrete tensile strain within the entire section (tension is -) assessed in cracked section |
| k1 | = 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2] |
| kt | = 0.6 for frequent and characteristic SLS; = 0.4 for q.perm SLS [see eq.(7.9) EC2] |
| k2 | = 0.5 for bending; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2] |
| k3 | = 3,400 Coeff. in eq. (7.11) according to national annex |
| k4 | = 0,425 Coeff. in eq. (7.11) according to national annex |
| ∅ | Bar diameter [mm] or equivalent diameter of tensile bars in Ac eff [eq.(7.11)] |
| e sm - e cm | Difference between the mean strain of tensile steel and concrete [eq.(7.8)] Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = 0.6 Smax / Es |
| sr max | Max final crack [mm] spacing |
| wk | Calculated value [mm] of crack width = sr max*(e sm - e cm) [eq.(7.8)]. Limit value of wk is shown between brackets |
| MX crack | First cracking bending moment around X axis[kNm] |
| MY crack | First cracking bending moment around Y axis[kNm] |

| Comb.N. | Check | e1 | e2 | k2 | ∅ | e sm - e cm | sr max | wk | Mx crack | My crack |
|---------|-------|----------|----|-------|------|-------------------|--------|-------|----------|----------|
| 1 | OK | -0,00064 | 0 | 0,500 | 25,0 | 0,00037 (0,00035) | 218 | 0,081 | 1067,09 | 0,00 |

SLS - CHARACTERISTIC COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

| | |
|----------|--|
| N.Vertex | Assigned numbers to concrete vertices |
| Reg. | Number of concrete region to which it relates the vertices |
| Xc, Yc | X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O |
| Sc | Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive) |
| e c | Strain in each vertex |

Concrete region:

| N.Vertex | Reg. | Xc | Yc | Sc | e c |
|----------|------|-------|-------|-------|------------|
| 1 | 1 | -50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0006361 |
| 2 | 1 | -50,0 | 120,0 | 5,255 | 0,0003941 |
| 3 | 1 | 50,0 | 120,0 | 5,255 | 0,0003941 |
| 4 | 1 | 50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0006361 |

Longitudinal bars:

| | |
|--------|--|
| N. Bar | Assigned numbers to each bar |
| Xs, Ys | X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O |
| Ss | Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive) |
| e s | Strain in each bar |

| N. Bar | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|-------|-------|---------|------------|
| 1 | -44,7 | 5,3 | -118,12 | -0,0005906 |
| 2 | -44,7 | 114,7 | 69,73 | 0,0003486 |
| 3 | 44,7 | 114,7 | 69,73 | 0,0003486 |
| 4 | 44,7 | 5,3 | -118,12 | -0,0005906 |
| 5 | -44,7 | 10,5 | -109,19 | -0,0005460 |
| 6 | 44,7 | 10,5 | -109,19 | -0,0005460 |
| 7 | -34,8 | 5,3 | -118,12 | -0,0005906 |
| 8 | -24,8 | 5,3 | -118,12 | -0,0005906 |
| 9 | -14,9 | 5,3 | -118,12 | -0,0005906 |
| 10 | -5,0 | 5,3 | -118,12 | -0,0005906 |
| 11 | 5,0 | 5,3 | -118,12 | -0,0005906 |
| 12 | 14,9 | 5,3 | -118,12 | -0,0005906 |
| 13 | 24,8 | 5,3 | -118,12 | -0,0005906 |
| 14 | 34,8 | 5,3 | -118,12 | -0,0005906 |
| 15 | -34,8 | 114,7 | 69,73 | 0,0003486 |
| 16 | -24,8 | 114,7 | 69,73 | 0,0003486 |
| 17 | -14,9 | 114,7 | 69,73 | 0,0003486 |
| 18 | -5,0 | 114,7 | 69,73 | 0,0003486 |
| 19 | 5,0 | 114,7 | 69,73 | 0,0003486 |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 46 di 83 |

| | | | | |
|----|-------|-------|---------|------------|
| 20 | 14,9 | 114,7 | 69,73 | 0,0003486 |
| 21 | 24,8 | 114,7 | 69,73 | 0,0003486 |
| 22 | 34,8 | 114,7 | 69,73 | 0,0003486 |
| 23 | -34,8 | 10,5 | -109,19 | -0,0005460 |
| 24 | -24,8 | 10,5 | -109,19 | -0,0005460 |
| 25 | -14,9 | 10,5 | -109,19 | -0,0005460 |
| 26 | -5,0 | 10,5 | -109,19 | -0,0005460 |
| 27 | 5,0 | 10,5 | -109,19 | -0,0005460 |
| 28 | 14,9 | 10,5 | -109,19 | -0,0005460 |
| 29 | 24,8 | 10,5 | -109,19 | -0,0005460 |
| 30 | 34,8 | 10,5 | -109,19 | -0,0005460 |

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

| NComb | Reg | Check | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff | As eff | r eff |
|-------|-----|-------|-------------|--------|--------|----------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1 | 1 | OK | 4,82 (18,0) | -50,0 | 120,0 | -106,8 (360,0) | 14,9 | 5,3 | 1900 | 98,3 | 0,052 |

SLS FREQUENT - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

| Comb.N. | Check | e1 | e2 | k2 | ll | e sm - e cm | sr max | wk | Mx crack | My crack |
|---------|-------|----------|----|-------|------|-------------------|--------|--------------|----------|----------|
| 1 | OK | -0,00058 | 0 | 0,500 | 25,0 | 0,00032 (0,00032) | 218 | 0,070 (0,40) | 1072,30 | 0,00 |

SLS - FREQUENT COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

| | |
|----------|--|
| N.Vertex | Assigned numbers to concrete vertices |
| Reg. | Number of concrete region to which it relates the vertices |
| Xc, Yc | X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O |
| Sc | Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive) |
| e c | Strain in each vertex |

Concrete region:

| N.Vertex | Reg. | Xc | Yc | Sc | e c |
|----------|------|-------|-------|-------|------------|
| 1 | 1 | -50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0005753 |
| 2 | 1 | -50,0 | 120,0 | 4,816 | 0,0003612 |
| 3 | 1 | 50,0 | 120,0 | 4,816 | 0,0003612 |
| 4 | 1 | 50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0005753 |

Longitudinal bars:

| | |
|--------|--|
| N. Bar | Assigned numbers to each bar |
| Xs, Ys | X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O |
| Ss | Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive) |
| e s | Strain in each bar |

| N. Bar | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|-------|-------|---------|------------|
| 1 | -44,7 | 5,3 | -106,78 | -0,0005339 |
| 2 | -44,7 | 114,7 | 63,96 | 0,0003198 |
| 3 | 44,7 | 114,7 | 63,96 | 0,0003198 |
| 4 | 44,7 | 5,3 | -106,78 | -0,0005339 |
| 5 | -44,7 | 10,5 | -98,66 | -0,0004933 |
| 6 | 44,7 | 10,5 | -98,66 | -0,0004933 |
| 7 | -34,8 | 5,3 | -106,78 | -0,0005339 |
| 8 | -24,8 | 5,3 | -106,78 | -0,0005339 |
| 9 | -14,9 | 5,3 | -106,78 | -0,0005339 |
| 10 | -5,0 | 5,3 | -106,78 | -0,0005339 |
| 11 | 5,0 | 5,3 | -106,78 | -0,0005339 |
| 12 | 14,9 | 5,3 | -106,78 | -0,0005339 |
| 13 | 24,8 | 5,3 | -106,78 | -0,0005339 |
| 14 | 34,8 | 5,3 | -106,78 | -0,0005339 |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 47 di 83 |

| | | | | |
|----|-------|-------|--------|------------|
| 15 | -34,8 | 114,7 | 63,96 | 0,0003198 |
| 16 | -24,8 | 114,7 | 63,96 | 0,0003198 |
| 17 | -14,9 | 114,7 | 63,96 | 0,0003198 |
| 18 | -5,0 | 114,7 | 63,96 | 0,0003198 |
| 19 | 5,0 | 114,7 | 63,96 | 0,0003198 |
| 20 | 14,9 | 114,7 | 63,96 | 0,0003198 |
| 21 | 24,8 | 114,7 | 63,96 | 0,0003198 |
| 22 | 34,8 | 114,7 | 63,96 | 0,0003198 |
| 23 | -34,8 | 10,5 | -98,66 | -0,0004933 |
| 24 | -24,8 | 10,5 | -98,66 | -0,0004933 |
| 25 | -14,9 | 10,5 | -98,66 | -0,0004933 |
| 26 | -5,0 | 10,5 | -98,66 | -0,0004933 |
| 27 | 5,0 | 10,5 | -98,66 | -0,0004933 |
| 28 | 14,9 | 10,5 | -98,66 | -0,0004933 |
| 29 | 24,8 | 10,5 | -98,66 | -0,0004933 |
| 30 | 34,8 | 10,5 | -98,66 | -0,0004933 |

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

| NComb | Reg | Check | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff | As eff | r eff |
|-------|-----|-------|-------------|--------|--------|----------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1 | 1 | OK | 4,33 (13,5) | 50,0 | 120,0 | -100,0 (360,0) | -44,7 | 5,3 | 1900 | 98,3 | 0,052 |

SLS QUASI-PERMANENT - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

| Comb.N. | Check | e1 | e2 | k2 | ll | e sm - e cm | sr max | wk | Mx crack | My crack |
|---------|-------|----------|----|-------|------|-------------------|--------|--------------|----------|----------|
| 1 | OK | -0,00054 | 0 | 0,500 | 25,0 | 0,00035 (0,00030) | 218 | 0,077 (0,30) | 1056,90 | 0,00 |

SLS - QUASI-PERMANENT COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

| | |
|----------|--|
| N.Vertex | Assigned numbers to concrete vertices |
| Reg. | Number of concrete region to which it relates the vertices |
| Xc, Yc | X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O |
| Sc | Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive) |
| e c | Strain in each vertex |

Concrete region:

| N.Vertex | Reg. | Xc | Yc | Sc | e c |
|----------|------|-------|-------|-------|------------|
| 1 | 1 | -50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0005383 |
| 2 | 1 | -50,0 | 120,0 | 4,331 | 0,0003248 |
| 3 | 1 | 50,0 | 120,0 | 4,331 | 0,0003248 |
| 4 | 1 | 50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0005383 |

Longitudinal bars:

| | |
|--------|--|
| N. Bar | Assigned numbers to each bar |
| Xs, Ys | X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O |
| Ss | Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive) |
| e s | Strain in each bar |

| N. Bar | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|-------|-------|---------|------------|
| 1 | -44,7 | 5,3 | -100,03 | -0,0005002 |
| 2 | -44,7 | 114,7 | 57,34 | 0,0002867 |
| 3 | 44,7 | 114,7 | 57,34 | 0,0002867 |
| 4 | 44,7 | 5,3 | -100,03 | -0,0005002 |
| 5 | -44,7 | 10,5 | -92,55 | -0,0004628 |
| 6 | 44,7 | 10,5 | -92,55 | -0,0004628 |
| 7 | -34,8 | 5,3 | -100,03 | -0,0005002 |
| 8 | -24,8 | 5,3 | -100,03 | -0,0005002 |
| 9 | -14,9 | 5,3 | -100,03 | -0,0005002 |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 48 di 83 |

| | | | | |
|----|-------|-------|---------|------------|
| 10 | -5,0 | 5,3 | -100,03 | -0,0005002 |
| 11 | 5,0 | 5,3 | -100,03 | -0,0005002 |
| 12 | 14,9 | 5,3 | -100,03 | -0,0005002 |
| 13 | 24,8 | 5,3 | -100,03 | -0,0005002 |
| 14 | 34,8 | 5,3 | -100,03 | -0,0005002 |
| 15 | -34,8 | 114,7 | 57,34 | 0,0002867 |
| 16 | -24,8 | 114,7 | 57,34 | 0,0002867 |
| 17 | -14,9 | 114,7 | 57,34 | 0,0002867 |
| 18 | -5,0 | 114,7 | 57,34 | 0,0002867 |
| 19 | 5,0 | 114,7 | 57,34 | 0,0002867 |
| 20 | 14,9 | 114,7 | 57,34 | 0,0002867 |
| 21 | 24,8 | 114,7 | 57,34 | 0,0002867 |
| 22 | 34,8 | 114,7 | 57,34 | 0,0002867 |
| 23 | -34,8 | 10,5 | -92,55 | -0,0004628 |
| 24 | -24,8 | 10,5 | -92,55 | -0,0004628 |
| 25 | -14,9 | 10,5 | -92,55 | -0,0004628 |
| 26 | -5,0 | 10,5 | -92,55 | -0,0004628 |
| 27 | 5,0 | 10,5 | -92,55 | -0,0004628 |
| 28 | 14,9 | 10,5 | -92,55 | -0,0004628 |
| 29 | 24,8 | 10,5 | -92,55 | -0,0004628 |
| 30 | 34,8 | 10,5 | -92,55 | -0,0004628 |

SLS - CHECK OF MINIMUM REINFORCEMENT AREA FOR CRACK CONTROL (§ 7.3.2 EC2)

| | |
|-----------|--|
| Comb.N. | Order numbers assigned to SLS combination |
| Comb.Type | Frequent or Quasi-Permanent combination |
| Region | Number and type (web or flange) of sub-regions (as parts of the concrete cross-section) |
| k | Coeff. wich allows for the effects of non-uniform self-equilibrating stresses [eq.(7.1) EC2] |
| kc | Coeff. wich takes account of the stress distribution prior to cracking [eq.(7.2)-(7.3) EC2] |
| Act | Area of concrete (for each sub-region) within tension zone just before formation of first crack [eq.(7.1) EC2] |
| Ned | Axial force [kN] (+ if compressive) acting within each sub-region just before of first crack |
| Sc | = Ned/Ac = mean stress [Mpa] within each concrete sub-region [eq.(7.1) EC2] |
| k1 | Coeff. considering the effects of axial force on the stress distribution (rectangular section or web sub-region) |
| Fcr | Absolute value of the tensile force [kN] within the flange just prior to cracking |
| As reg | Area [cm ²] of longitudinal bars within the tension area of each sub-region |
| As,min | Minimum Area [cm ²] of longitudinal bars to be placed within the tension area of each sub-region |

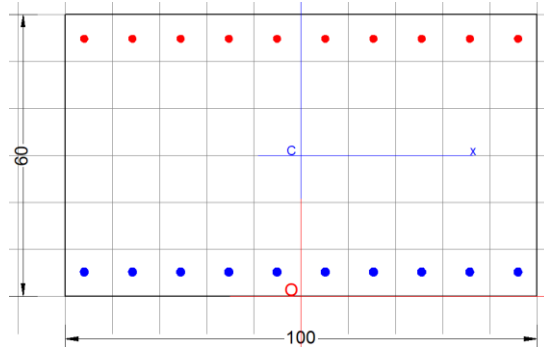
| Comb.N. | Comb.Type | Region | k | kc | Act | Ned | Sc | k1 | Fcr | As reg | As,min |
|---------|-------------|---------|------|------|------|--------|------|------|-----|--------|--------|
| 1 | Frequent | 1 (Web) | 0,65 | 0,37 | 5250 | 518,19 | 4,32 | 1,50 | --- | 98,3 | 10,1 |
| 1 | Quasi-perm. | 1 (Web) | 0,65 | 0,37 | 5350 | 413,93 | 3,45 | 1,50 | --- | 98,3 | 10,5 |

10.1.2 Verifica a quota rastremazione (piedritto senza BAR)

La verifica è stata effettuata su una sezione H=60 B=100, armata con $\phi 18/10$ in zona tesa e $\phi 16/10$ in zona compressa. Il copriferro di calcolo è pari a 5 cm. Le verifiche presentate qui di sotto, sono fatte con il software RC'SEC.

Pressoflessione

$$M_{Ed} = 344,48 \text{ kNm}$$



GENERAL DATA OF PREDEFINED RC CROSS-SECTION

Section Name: Piedritti - sezione magro.secEC

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\02 Muro ad U - km 31+350\Piedritti - sezione magro.secEC)

| | |
|---------------------------------|--|
| Section description: | |
| Reference code: | EN 1992-1-1 [EC2] Italian Annex |
| Exposure Class: | XC3- Carbonation (long-term water contact/foundations) |
| Structural member of belonging: | Beam (or slab) without stirrup [§6.2.1(4) EC2] |
| Section type: | Predefined section |
| Cross-section shape: | Rectangular |
| Stress path: | Constant axial force to achieve bending ULS |
| Reference of assigned forces: | Principal axes x,y of inertia |

MATERIALS DATA

| | | | |
|----------------------------------|--|----------------------------------|-----------|
| CONCRETE - | Class: | C30/37 | |
| | Design compressive strength fcd: | 17,0 MPa | |
| | Shear reduced compressive strength v1*fcd: | 8,5 MPa (6.9)EC2 | |
| | Coeff. Crd,c: | 0,1200 § 6.2.2(1) EC2 | |
| | Coeff. K1: | 0,1500 § 6.2.2(1) EC2 | |
| | Coeff. v min: | 0,0111 Mpa (§ 6.2.2(1) EC2) | |
| | Strain at max strength ec2: | 0,0020 | |
| | Ultimate strain ecu: | 0,0035 | |
| | Compression diagram stress-strain: | Parabola-Rectangle | |
| | Mean elastic modulus Ecm: | 32836,6 MPa | |
| | Mean tensile strength fctm: | 2,9 MPa | |
| | Es/Ec in SLS combination: | 15,00 | |
| | Stress limit Characteristic SLS: | 18,0 MPa | |
| | Stress limit Frequent SLS: | 18,0 MPa | |
| | wk lim =limit crack width Frequent SLS: | 0,400 mm | |
| | Coeff. k3: | 3,4000 § 7.3.4(3) EC2 | |
| | Coeff. k4: | 0,4250 § 7.3.4(3) EC2 | |
| | Stress limit Quasi-Permanent SLS: | 13,5 MPa | |
| | wk lim =limit crack-width Quasi-Permanent SLS: | 0,300 mm | |
| | STEEL - | Longitudinal Bars: | B450C |
| | | Characteristic yield stress fyk: | 450,0 MPa |
| Tensile strength ftk: | | 540,0 MPa | |
| Design yield stress fyd: | | 391,3 MPa | |
| Design strength ftd: | | 391,3 MPa | |
| Design ultimate strain esu: | | 0,068 | |
| Mean elastic modulus Es: | | 200000,0 MPa | |
| Stirrups: | | B500A | |
| Characteristic yield stress fyk: | | 500,0 MPa | |
| Design yield stress fyd: | | 434,8 MPa | |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 50 di 83 |

| | | |
|--------------------------|----------|-----|
| Design strength ftd: | 434,8 | MPa |
| Mean elastic modulus Es: | 200000,0 | MPa |
| SLS Charact. - Ss Limit: | 360,00 | MPa |

GEOMETRIC AND REINFORCEMENT DATA

| | | |
|-----------------------------------|-------|------------|
| Width: | 100,0 | cm |
| Depth: | 60,0 | cm |
| Bottom bars: | 10∩18 | (25,4 cm?) |
| Top bars: | 10∩16 | (20,1 cm?) |
| Low Cover (from centroid of bar): | 5,2 | cm |
| Top Cover (from centroid of bar): | 5,2 | cm |
| Web Cover (from centroid of bar): | 4,0 | cm |

ULTIMATE LIMIT STATE - DESIGN INTERNAL FORCES ASSIGNED FOR EACH COMBINATION

| | |
|----|---|
| N | Design axial force [kN] applied in the concrete centroidal point (+ if compressive) |
| Mx | Design moment force [kNm] around the x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section |
| VY | Design shear [kN] in a direction parallel to the axis Y |
| T | Design torsional Moment [kN m] |

| Comb.N. | N | Mx | Vy | MT |
|---------|-------|--------|--------|------|
| 1 | 87,05 | 79,00 | 101,02 | 0,00 |
| 2 | 64,48 | 344,48 | 185,17 | 0,00 |

CHECKS RESULTS

Checks of section OK for all assigned combinations

| | | |
|--|-----|----|
| Min edge cover of longitudinal bars: | 3,1 | cm |
| Min edge distance between longitudinal bars: | 8,4 | cm |
| Min edge cover of stirrups: | 3,1 | cm |

ULTIMATE LIMIT STATE - CHECKS FOR BENDING AND AXIAL FORCE

| Check | Result of check |
|------------|---|
| N | Design axial force applied in the concrete centroid [kN] (+ if compressive) |
| Mx | Design bending moment force [kNm] around x axis of reference |
| N ult | Axial capacity [kN] of section (+ if compressive) |
| Mx ult | Bending moment capacity [kNm] around x axis of reference |
| S.F. | Safety factor = vectorial ratio of (N ult, Mx ult) to (N, Mx). Check OK if such ratio is ≥ 1.0 |
| Yneutral | Ordinate Y [cm] of neutral axis in the reference system |
| Mx sn. | Yielding bending moment [kNm] |
| x/d | Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section |
| D | Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [(5.10)EC2] |
| As Tension | Area bars in tension zone [cm ²] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2] |

As Tension Area bars in tension zone [cm²] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

| | OK | N | Mx | Mx ult | S.F. | Yneutral | Mx sn. | x/d | D | As Tension |
|---|----|-------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|-----|------------|
| 1 | OK | 87,05 | 79,00 | 86,86 | 537,79 | 6,780 | 53,8 | 514,31 | --- | --- |
| 2 | OK | 64,48 | 344,48 | 64,73 | 532,29 | 1,545 | 53,9 | 509,26 | --- | --- |

ULTIMATE LIMIT STATE - STRAINS AT ULTIMATE STATE

| | |
|--------|--|
| ec max | Ultimate compressive strain in concrete |
| ec* | Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed) |
| Yc max | Ordinate in [cm] of the fiber corresponding to ec max |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 51 di 83 |

es max Max strain in steel bars (+ if compressive)
Ys max Ordinate [cm] of the bar corresponding to es max
es min Min strain in steel bars (+ if compressive)
Ys min Ordinate [cm] of the bar corresponding to es min

| Comb.N. | ec max | ec * | Yc max | es max | Ys max | es min | Ys min |
|---------|---------|----------|--------|---------|--------|----------|--------|
| 1 | 0,00350 | -0,01099 | 60,0 | 0,00057 | 54,8 | -0,02738 | 5,2 |
| 2 | 0,00350 | -0,01116 | 60,0 | 0,00054 | 54,8 | -0,02774 | 5,2 |

COMBINATION OF RESISTANCE N. 1 : STRESS AND STRAIN AT ULTIMATE STATE

Concrete vertices:

Vertex N. Assigned numbers to concrete vertices
Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
e c Strain in each vertex

| Vertex N. | Xc | Yc | Sc | e c |
|-----------|-------|------|-------|------------|
| 1 | -50,0 | 0,0 | 0,00 | -0,0303129 |
| 2 | -50,0 | 60,0 | 17,00 | 0,0035000 |
| 3 | 50,0 | 60,0 | 17,00 | 0,0035000 |
| 4 | 50,0 | 0,0 | 0,00 | -0,0303129 |

Longitudinal Bars:

Bar N. Number assigned to the bars
Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of single bar in the reference X,Y,O
Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
e s Strain in each bar

| Bar N. | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|-------|------|---------|------------|
| 1 | -46,0 | 5,2 | -434,78 | -0,0273825 |
| 2 | -35,8 | 5,2 | -434,78 | -0,0273825 |
| 3 | -25,6 | 5,2 | -434,78 | -0,0273825 |
| 4 | -15,3 | 5,2 | -434,78 | -0,0273825 |
| 5 | -5,1 | 5,2 | -434,78 | -0,0273825 |
| 6 | 5,1 | 5,2 | -434,78 | -0,0273825 |
| 7 | 15,3 | 5,2 | -434,78 | -0,0273825 |
| 8 | 25,6 | 5,2 | -434,78 | -0,0273825 |
| 9 | 35,8 | 5,2 | -434,78 | -0,0273825 |
| 10 | 46,0 | 5,2 | -434,78 | -0,0273825 |
| 11 | -46,0 | 54,8 | 113,91 | 0,0005695 |
| 12 | -35,8 | 54,8 | 113,91 | 0,0005695 |
| 13 | -25,6 | 54,8 | 113,91 | 0,0005695 |
| 14 | -15,3 | 54,8 | 113,91 | 0,0005695 |
| 15 | -5,1 | 54,8 | 113,91 | 0,0005695 |
| 16 | 5,1 | 54,8 | 113,91 | 0,0005695 |
| 17 | 15,3 | 54,8 | 113,91 | 0,0005695 |
| 18 | 25,6 | 54,8 | 113,91 | 0,0005695 |
| 19 | 35,8 | 54,8 | 113,91 | 0,0005695 |
| 20 | 46,0 | 54,8 | 113,91 | 0,0005695 |

COMBINATION OF RESISTANCE N. 2 : STRESS AND STRAIN AT ULTIMATE STATE

Concrete vertices:

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 52 di 83 |

| Vertex N. | Xc | Yc | Sc | e c |
|-----------|-------|------|-------|------------|
| 1 | -50,0 | 0,0 | 0,00 | -0,0307026 |
| 2 | -50,0 | 60,0 | 17,00 | 0,0035000 |
| 3 | 50,0 | 60,0 | 17,00 | 0,0035000 |
| 4 | 50,0 | 0,0 | 0,00 | -0,0307026 |

Longitudinal Bars:

| Bar N. | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|-------|------|---------|------------|
| 1 | -46,0 | 5,2 | -434,78 | -0,0277384 |
| 2 | -35,8 | 5,2 | -434,78 | -0,0277384 |
| 3 | -25,6 | 5,2 | -434,78 | -0,0277384 |
| 4 | -15,3 | 5,2 | -434,78 | -0,0277384 |
| 5 | -5,1 | 5,2 | -434,78 | -0,0277384 |
| 6 | 5,1 | 5,2 | -434,78 | -0,0277384 |
| 7 | 15,3 | 5,2 | -434,78 | -0,0277384 |
| 8 | 25,6 | 5,2 | -434,78 | -0,0277384 |
| 9 | 35,8 | 5,2 | -434,78 | -0,0277384 |
| 10 | 46,0 | 5,2 | -434,78 | -0,0277384 |
| 11 | -46,0 | 54,8 | 107,15 | 0,0005358 |
| 12 | -35,8 | 54,8 | 107,15 | 0,0005358 |
| 13 | -25,6 | 54,8 | 107,15 | 0,0005358 |
| 14 | -15,3 | 54,8 | 107,15 | 0,0005358 |
| 15 | -5,1 | 54,8 | 107,15 | 0,0005358 |
| 16 | 5,1 | 54,8 | 107,15 | 0,0005358 |
| 17 | 15,3 | 54,8 | 107,15 | 0,0005358 |
| 18 | 25,6 | 54,8 | 107,15 | 0,0005358 |
| 19 | 35,8 | 54,8 | 107,15 | 0,0005358 |
| 20 | 46,0 | 54,8 | 107,15 | 0,0005358 |

Taglio

$V_{Ed} = 185,17\text{kN}$

La verifica è stata condotta non considerando armatura a taglio.

ULTIMATE LIMIT STATE - SHEAR CHECKS WITH NO TRANSVERSE REINFORCEMENT (§ 6.2.2 EC2)

| Check | Result of check |
|-------|---|
| Ved | Design value [daN] of applied shear force V_y (uniaxial shear) |
| Vwct | Design shear resistance [kN] without shear reinforcement [eq.(6.2)EC2] |
| d | Effective depth of section [cm] |
| bw | Effective min width of the cross-section [cm] |
| Ro | Geometrical ratio of longitudinal tension longitudinal reinforcement = $A_{sl}/(b_w d) [<0.02]$ |
| Scp | Mean compression stress (N_{Ed}/A_c) [Mpa] [$< 0.2 f_{cd}$] |
| k | Coeff. k in the equation (6.2.a) EC2 |

| Comb.N. | Check | Ved | Vwct | d | bw | Ro | Scp | k |
|---------|-------|--------|--------|------|-------|--------|------|-------|
| 1 | OK | 101,02 | 265,74 | 54,8 | 100,0 | 0,0000 | 0,01 | 1,604 |
| 2 | OK | 185,17 | 262,65 | 54,8 | 100,0 | 0,0000 | 0,01 | 1,604 |

Stati limite d'esercizio

SERVICEABILITY LIMIT STATE - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

| | N | Mx |
|---------|--|--------|
| N | Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive) | |
| Mx | Moment force [kNm] around x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section | |
| Comb.N. | N | Mx |
| 1 | 64,48 | 107,25 |

SERVICEABILITY LIMIT STATE - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

| | N | Mx |
|---------|--|--------|
| N | Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive) | |
| Mx | Moment force [kNm] around x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section | |
| Comb.N. | N | Mx |
| 1 | 64,48 | 107,25 |

SERVICEABILITY LIMIT STATE - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

| | N | Mx |
|---------|--|--------|
| N | Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive) | |
| Mx | Moment force [kNm] around x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section | |
| Comb.N. | N | Mx |
| 1 | 64,48 | 107,25 |

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

| Check | Result of Check | | | | | | | | | | |
|---------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Sc max | Max compressive stress (+) in concrete [Mpa] | | | | | | | | | | |
| Yc max | y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc max (reference X,Y,O) | | | | | | | | | | |
| Sc min | Min compression stress (+) in concrete [Mpa] | | | | | | | | | | |
| Yc min | y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc min (reference X,Y,O) | | | | | | | | | | |
| Ss min | Min tension stress (-) of steel bars [Mpa] | | | | | | | | | | |
| Ys min | y-coordinate [cm] of centroid bar corresponding to Ss min (reference X,Y,O) | | | | | | | | | | |
| hc eff | Concrete depth [cm] in concrete tension area surrounding tension steel bars | | | | | | | | | | |
| Ac eff | Effective tension area [cm ²] that is the area of concrete surrounding the tension reinforcement (for crack width control) | | | | | | | | | | |
| As eff | Area of tension steel bars [cm ²] within Ac eff (for crack width control) | | | | | | | | | | |
| D bars | Mean spacing [cm] of bonded reinforcement [eq.(7.11) §7.3.4(3)EC2] (D bars = 0 indicates spacing > 5(c+O/2) and eq.(7.14) is pertinent) | | | | | | | | | | |
| Comb.N. | Check | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Ss min | Ys min | hc eff | Ac eff | As Eff | D bars |
| 1 | OK | 2,30 | 60,0 | 0,00 | 42,4 | -73,3 | 54,8 | 13,0 | 1300 | 25,4 | 10,0 |

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

| Check | Result of check |
|-------|--|
| e1 | Greater concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section |
| e2 | Lesser concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section |
| k1 | = 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2] |
| kt | = 0.6 for charact. and frequent SLS; = 0.4 for quasi-perm. SLS (Factor dependent on the duration of the load [see eq.(7.9) EC2]) |
| k2 | = 0.5 for bending; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2] |
| k3 | = 3,400 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex |
| k4 | = 0,425 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex |
| W c | Equivalent bar diameter [mm] cover [cm] to the tensile reinforcement [see eq.(7.11)(7.12) EC2] |
| r eff | Geometrical ratio As eff/Ac eff [eq.(7.10) EC2] |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 54 di 83 |

e sm - e cm Difference between the mean strain of tensile steel and concrete under the relevant combination [eq.(7.8)]
Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = 0.6 Smax / Es
sr max Max final crack [mm] spacing
wk Calculated value [mm] of crack width = sr max*(e sm - e cm)[eq.(7.8)]. Limit value of wk is shown between brackets
M crack First cracking bending moment [kNm]

| Comb.N. | Check | e1 | e2 | k2 | W c | r eff | e sm - e cm | sr max | wk | M crack |
|---------|-------|----------|----|-------|--------|-------|--------------------|--------|-------|---------|
| 1 | OK | -0,00042 | 0 | 0,500 | 18 4,3 | 0,020 | 0,000220 (0,00022) | 303 | 0,067 | 231,61 |

SLS - CHARACTERISTIC COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
e c Strain in each vertex

| Vertex N. | Xc | Yc | Sc | e c |
|-----------|-------|------|-------|------------|
| 1 | -50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0004179 |
| 2 | -50,0 | 60,0 | 2,304 | 0,0001728 |
| 3 | 50,0 | 60,0 | 2,304 | 0,0001728 |
| 4 | 50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0004179 |

Longitudinal Bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
e s Strain in each bar

| Bar N. | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|-------|------|--------|------------|
| 1 | -46,0 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 2 | -35,8 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 3 | -25,6 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 4 | -15,3 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 5 | -5,1 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 6 | 5,1 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 7 | 15,3 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 8 | 25,6 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 9 | 35,8 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 10 | 46,0 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 11 | -46,0 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 12 | -35,8 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 13 | -25,6 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 14 | -15,3 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 15 | -5,1 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 16 | 5,1 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 17 | 15,3 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 18 | 25,6 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 19 | 35,8 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 20 | 46,0 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

| Comb.N. | Check | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Ss min | Ys min | hc eff | Ac eff | As Eff | D bars |
|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | OK | 2,30 | 60,0 | 0,00 | 42,4 | -73,3 | 54,8 | 13,0 | 1300 | 25,4 | 10,0 |

SLS FREQUENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

| Comb.N. | Check | e1 | e2 | k2 | σ_c | r eff | e sm - e cm | sr max | wk | M crack |
|---------|-------|----------|----|-------|------------|-------|--------------------|--------|--------------|---------|
| 1 | OK | -0,00042 | 0 | 0,500 | 18 4,3 | 0,020 | 0,000220 (0,00022) | 303 | 0,067 (0,40) | 231,61 |

SLS - FREQUENT COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

| Vertex N. | Xc | Yc | Sc | e c |
|-----------|-------|------|-------|------------|
| 1 | -50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0004179 |
| 2 | -50,0 | 60,0 | 2,304 | 0,0001728 |
| 3 | 50,0 | 60,0 | 2,304 | 0,0001728 |
| 4 | 50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0004179 |

Longitudinal Bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

| Bar N. | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|-------|------|--------|------------|
| 1 | -46,0 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 2 | -35,8 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 3 | -25,6 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 4 | -15,3 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 5 | -5,1 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 6 | 5,1 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 7 | 15,3 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 8 | 25,6 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 9 | 35,8 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 10 | 46,0 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 11 | -46,0 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 12 | -35,8 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 13 | -25,6 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 14 | -15,3 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 15 | -5,1 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 16 | 5,1 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 17 | 15,3 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 18 | 25,6 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 19 | 35,8 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 20 | 46,0 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

| Comb.N. | Check | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Ss min | Ys min | hc eff | Ac eff | As Eff | D bars |
|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | OK | 2,30 | 60,0 | 0,00 | 42,4 | -73,3 | 54,8 | 13,0 | 1300 | 25,4 | 10,0 |

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 56 di 83 |

| Comb.N. | Check | e1 | e2 | k2 | λc | r eff | e sm - e cm | sr max | wk | M crack |
|---------|-------|----------|----|-------|---------------|-------|--------------------|--------|--------------|---------|
| 1 | OK | -0,00042 | 0 | 0,500 | 18 4,3 | 0,020 | 0,000220 (0,00022) | 303 | 0,067 (0,30) | 231,61 |

SLS - QUASI-PERMANENT COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

| Vertex N. | Xc | Yc | Sc | e c |
|-----------|-------|------|-------|------------|
| 1 | -50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0004179 |
| 2 | -50,0 | 60,0 | 2,304 | 0,0001728 |
| 3 | 50,0 | 60,0 | 2,304 | 0,0001728 |
| 4 | 50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0004179 |

Longitudinal Bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

| Bar N. | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|-------|------|--------|------------|
| 1 | -46,0 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 2 | -35,8 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 3 | -25,6 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 4 | -15,3 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 5 | -5,1 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 6 | 5,1 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 7 | 15,3 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 8 | 25,6 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 9 | 35,8 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 10 | 46,0 | 5,2 | -73,35 | -0,0003667 |
| 11 | -46,0 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 12 | -35,8 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 13 | -25,6 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 14 | -15,3 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 15 | -5,1 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 16 | 5,1 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 17 | 15,3 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 18 | 25,6 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 19 | 35,8 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |
| 20 | 46,0 | 54,8 | 24,32 | 0,0001216 |

SLS - MINIMUM REINFORCEMENT AREAS FOR CRACK CONTROL (§ 7.3.2 EC2)

N.Comb. SLS combination number
 Comb.Type Frequent or Quasi-Permanent
 Region Part of concrete section under consideration (Web/Flange)
 k Coeff. wich take account of self-equilibrating stresses [see eq.(7.1) EC2]
 kc Coeff. wich take account of stress distribution at cracking[see eq.(7.1) EC2]
 Ac eff Area of concrete within tensile zone of the region under consideration just before cracking [(7.1)]
 Ned SLS axial force (+ if compressive) acting on the region under consideration [kN]
 Sc =Ned/Ac mean stress in the region of area Ac (web or rectangular section) [eq.(7.1)]

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 57 di 83 |

| | |
|--------|--|
| Fcr | Absolute value of the tensile force [kN] within the flange at cracking due to the cracking moment [eq.(7.3)] |
| k1 | Coeff. considering the effect of axial forces on the stress (web or rectangular section) [eq.(7.2)] |
| As reg | Area [cm ²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration |
| As min | Minimum Area [cm ²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration required by eq. (7.1) |

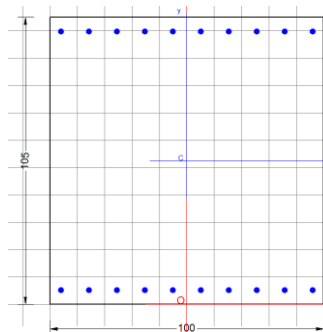
| Comb.N. | Comb.Type | Region | k | kc | Ac eff | Ned | Sc | k1 | Frc | As reg | As min |
|---------|-------------|--------|------|------|--------|-----|-----|-----|---------|--------|--------|
| 1 | Frequent | Web | 0,86 | 0,38 | 2750 | --- | --- | --- | -401,28 | 25,4 | 5,8 |
| 1 | Quasi-perm. | Web | 0,86 | 0,38 | 2750 | --- | --- | --- | -401,28 | 25,4 | 5,8 |

10.1.3 Verifica a quota rastremazione (piedritto con BAR)

La verifica è stata effettuata su una sezione H=105 B=100, armata con $\phi 20/10$ in zona tesa e $\phi 20/10$ in zona compressa. Il copriferro di calcolo è pari a 5.2 cm. Le verifiche presentate qui di sotto, sono fatte con il software RC'SEC.

Pressoflessione

$M_{Ed} = 398,40 \text{ kNm}$



GENERAL DATA OF PREDEFINED RC CROSS-SECTION

Section Name: Piedritti - sezione magro - BAR.secEC

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\02 Muro ad U - km 31+350\Piedritti - sezione magro - BAR.secEC)

| | |
|---------------------------------|---|
| Section description: | |
| Reference code: | EN 1992-1-1 [EC2] Italian Annex |
| Exposure Class: | XC3 - Carbonation (long-term water contact/foundations) |
| Structural member of belonging: | Beam (or slab) without stirrup [§6.2.1(4) EC2] |
| Section type: | Predefined section |
| Cross-section shape: | Rectangular |
| Stress path: | Constant axial force to achieve bending ULS |
| Reference of assigned forces: | Principal axes x,y of inertia |

MATERIALS DATA

| | | |
|------------|---|-----------------------------|
| CONCRETE - | Class: | C30/37 |
| | Design compressive strength fcd: | 17,0 MPa |
| | Shear reduced compressive strength $v1 \cdot fcd$: | 8,5 MPa (6.9)EC2 |
| | Coeff. Crd,c: | 0,1200 § 6.2.2(1) EC2 |
| | Coeff. K1: | 0,1500 § 6.2.2(1) EC2 |
| | Coeff. v min: | 0,0111 Mpa (§ 6.2.2(1) EC2) |
| | Strain at max strength ec2: | 0,0020 |
| | Ultimate strain ecu: | 0,0035 |

| | |
|--|-----------------------|
| Compression diagram stress-strain: | Parabola-Rectangle |
| Mean elastic modulus Ecm: | 32836,6 MPa |
| Mean tensile strength fctm: | 2,9 MPa |
| Es/Ec in SLS combination: | 15,00 |
| Stress limit Characteristic SLS: | 18,0 MPa |
| Stress limit Frequent SLS: | 18,0 MPa |
| wk lim =limit crack width Frequent SLS: | 0,400 mm |
| Coeff. k3: | 3,4000 § 7.3.4(3) EC2 |
| Coeff. k4: | 0,4250 § 7.3.4(3) EC2 |
| Stress limit Quasi-Permanent SLS: | 13,5 MPa |
| wk lim =limit crack-width Quasi-Permanent SLS: | 0,300 mm |

| | | |
|---------|----------------------------------|--------------|
| STEEL - | Longitudinal Bars: | B450C |
| | Characteristic yield stress fyk: | 450,0 MPa |
| | Tensile strength ftk: | 540,0 MPa |
| | Design yield stress fyd: | 391,3 MPa |
| | Design strength ftd: | 391,3 MPa |
| | Design ultimate strain esu: | 0,068 |
| | Mean elastic modulus Es: | 200000,0 MPa |
| | Stirrups: | B500A |
| | Characteristic yield stress fyk: | 500,0 MPa |
| | Tensile strength ftk: | 540,00 MPa |
| | Design yield stress fyd: | 434,8 MPa |
| | Design strength ftd: | 434,8 MPa |
| | Mean elastic modulus Es: | 200000,0 MPa |
| | SLS Charact. - Ss Limit: | 360,00 MPa |

GEOMETRIC AND REINFORCEMENT DATA

| | | |
|-----------------------------------|-------|------------|
| Width: | 100,0 | cm |
| Depth: | 105,0 | cm |
| Bottom bars: | 10∩20 | (31,4 cm?) |
| Top bars: | 10∩20 | (31,4 cm?) |
| Low Cover (from centroid of bar): | 5,2 | cm |
| Top Cover (from centroid of bar): | 5,2 | cm |
| Web Cover (from centroid of bar): | 4,0 | cm |

ULTIMATE LIMIT STATE - DESIGN INTERNAL FORCES ASSIGNED FOR EACH COMBINATION

| | |
|----|---|
| N | Design axial force [kN] applied in the concrete centroidal point (+ if compressive) |
| Mx | Design moment force [kNm] around the x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section |
| Vy | Design shear [kN] in a direction parallel to the axis Y |
| T | Design torsional Moment [kN m] |

| Comb.N. | N | Mx | Vy | MT |
|---------|--------|--------|--------|------|
| 1 | 216,92 | 332,33 | 130,04 | 0,00 |
| 2 | 156,11 | 398,40 | 195,82 | 0,00 |

CHECKS RESULTS

Checks of section OK for all assigned combinations

| | | |
|--|-----|----|
| Min edge cover of longitudinal bars: | 3,0 | cm |
| Min edge distance between longitudinal bars: | 8,2 | cm |
| Min edge cover of stirrups: | 3,0 | cm |

ULTIMATE LIMIT STATE - CHECKS FOR BENDING AND AXIAL FORCE

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 59 di 83 |

| | |
|------------|---|
| Check | Result of check |
| N | Design axial force applied in the concrete centroid [kN] (+ if compressive) |
| Mx | Design bending moment force [kNm] around x axis of reference |
| N ult | Axial capacity [kN] of section (+ if compressive) |
| Mx ult | Bending moment capacity [kNm] around x axis of reference |
| S.F. | Safety factor = vectorial ratio of (N ult, Mx ult) to (N, Mx). Check OK if such ratio is >=1.0 |
| Yneutral | Ordinate Y [cm] of neutral axis in the reference system |
| Mx sn. | Yielding bending moment [kNm] |
| x/d | Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section |
| D | Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [(5.10)EC2] |
| As Tension | Area bars in tension zone [cm ²] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2] |

As Tension Area bars in tension zone [cm²] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

| | | | | | | | | | | | |
|---|----|--------|--------|--------|---------|-------|------|---------|-----|-----|-----|
| 1 | OK | 216,92 | 332,33 | 216,68 | 1287,63 | 3,875 | 98,2 | 1230,76 | --- | --- | --- |
| 2 | OK | 156,11 | 398,40 | 156,30 | 1259,13 | 3,160 | 98,4 | 1205,41 | --- | --- | --- |

ULTIMATE LIMIT STATE - STRAINS AT ULTIMATE STATE

| | |
|--------|--|
| ec max | Ultimate compressive strain in concrete |
| ec* | Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed) |
| Yc max | Ordinate in [cm] of the fiber corresponding to ec max |
| es max | Max strain in steel bars (+ if compressive) |
| Ys max | Ordinate [cm] of the bar corresponding to es max |
| es min | Min strain in steel bars (+ if compressive) |
| Ys min | Ordinate [cm] of the bar corresponding to es min |

| Comb.N. | ec max | ec * | Yc max | es max | Ys max | es min | Ys min |
|---------|---------|----------|--------|---------|--------|----------|--------|
| 1 | 0,00350 | -0,01972 | 105,0 | 0,00082 | 99,8 | -0,04799 | 5,2 |
| 2 | 0,00350 | -0,02027 | 105,0 | 0,00075 | 99,8 | -0,04921 | 5,2 |

COMBINATION OF RESISTANCE N. 1 : STRESS AND STRAIN AT ULTIMATE STATE

Concrete vertices:

| | |
|-----------|--|
| Vertex N. | Assigned numbers to concrete vertices |
| Xc, Yc | X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O |
| Sc | Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive) |
| e c | Strain in each vertex |

| Vertex N. | Xc | Yc | Sc | e c |
|-----------|-------|-------|-------|------------|
| 1 | -50,0 | 0,0 | 0,00 | -0,0506705 |
| 2 | -50,0 | 105,0 | 17,00 | 0,0035000 |
| 3 | 50,0 | 105,0 | 17,00 | 0,0035000 |
| 4 | 50,0 | 0,0 | 0,00 | -0,0506705 |

Longitudinal Bars:

| | |
|--------|--|
| Bar N. | Number assigned to the bars |
| Xs, Ys | X-coordinate, Y-coordinate [cm] of single bar in the reference X,Y,O |
| Ss | Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive) |
| e s | Strain in each bar |

| Bar N. | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|-------|-----|---------|------------|
| 1 | -46,0 | 5,2 | -434,78 | -0,0479877 |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 60 di 83 |

| | | | | |
|----|-------|------|---------|------------|
| 2 | -35,8 | 5,2 | -434,78 | -0,0479877 |
| 3 | -25,6 | 5,2 | -434,78 | -0,0479877 |
| 4 | -15,3 | 5,2 | -434,78 | -0,0479877 |
| 5 | -5,1 | 5,2 | -434,78 | -0,0479877 |
| 6 | 5,1 | 5,2 | -434,78 | -0,0479877 |
| 7 | 15,3 | 5,2 | -434,78 | -0,0479877 |
| 8 | 25,6 | 5,2 | -434,78 | -0,0479877 |
| 9 | 35,8 | 5,2 | -434,78 | -0,0479877 |
| 10 | 46,0 | 5,2 | -434,78 | -0,0479877 |
| 11 | -46,0 | 99,8 | 163,45 | 0,0008173 |
| 12 | -35,8 | 99,8 | 163,45 | 0,0008173 |
| 13 | -25,6 | 99,8 | 163,45 | 0,0008173 |
| 14 | -15,3 | 99,8 | 163,45 | 0,0008173 |
| 15 | -5,1 | 99,8 | 163,45 | 0,0008173 |
| 16 | 5,1 | 99,8 | 163,45 | 0,0008173 |
| 17 | 15,3 | 99,8 | 163,45 | 0,0008173 |
| 18 | 25,6 | 99,8 | 163,45 | 0,0008173 |
| 19 | 35,8 | 99,8 | 163,45 | 0,0008173 |
| 20 | 46,0 | 99,8 | 163,45 | 0,0008173 |

COMBINATION OF RESISTANCE N. 2 : STRESS AND STRAIN AT ULTIMATE STATE

Concrete vertices:

| Vertex N. | Xc | Yc | Sc | e c |
|-----------|-------|-------|-------|------------|
| 1 | -50,0 | 0,0 | 0,00 | -0,0519568 |
| 2 | -50,0 | 105,0 | 17,00 | 0,0035000 |
| 3 | 50,0 | 105,0 | 17,00 | 0,0035000 |
| 4 | 50,0 | 0,0 | 0,00 | -0,0519568 |

Longitudinal Bars:

| Bar N. | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|-------|------|---------|------------|
| 1 | -46,0 | 5,2 | -434,78 | -0,0492104 |
| 2 | -35,8 | 5,2 | -434,78 | -0,0492104 |
| 3 | -25,6 | 5,2 | -434,78 | -0,0492104 |
| 4 | -15,3 | 5,2 | -434,78 | -0,0492104 |
| 5 | -5,1 | 5,2 | -434,78 | -0,0492104 |
| 6 | 5,1 | 5,2 | -434,78 | -0,0492104 |
| 7 | 15,3 | 5,2 | -434,78 | -0,0492104 |
| 8 | 25,6 | 5,2 | -434,78 | -0,0492104 |
| 9 | 35,8 | 5,2 | -434,78 | -0,0492104 |
| 10 | 46,0 | 5,2 | -434,78 | -0,0492104 |
| 11 | -46,0 | 99,8 | 150,71 | 0,0007536 |
| 12 | -35,8 | 99,8 | 150,71 | 0,0007536 |
| 13 | -25,6 | 99,8 | 150,71 | 0,0007536 |
| 14 | -15,3 | 99,8 | 150,71 | 0,0007536 |
| 15 | -5,1 | 99,8 | 150,71 | 0,0007536 |
| 16 | 5,1 | 99,8 | 150,71 | 0,0007536 |
| 17 | 15,3 | 99,8 | 150,71 | 0,0007536 |
| 18 | 25,6 | 99,8 | 150,71 | 0,0007536 |
| 19 | 35,8 | 99,8 | 150,71 | 0,0007536 |
| 20 | 46,0 | 99,8 | 150,71 | 0,0007536 |

Taglio

$$V_{Ed} = 195,82 \text{ kN}$$

La verifica è stata condotta non considerando armatura a taglio.

ULTIMATE LIMIT STATE - SHEAR CHECKS WITH NO TRANSVERSE REINFORCEMENT (§ 6.2.2 EC2)

| Check | Result of check |
|-------|--|
| Ved | Design value [daN] of applied shear force V_y (uniaxial shear) |
| Vwct | Design shear resistance [kN] without shear reinforcement [eq.(6.2)EC2] |
| d | Effective depth of section [cm] |
| bw | Effective min width of the cross-section [cm] |
| Ro | Geometrical ratio of longitudinal tension longitudinal reinforcement = $A_{sl}/(b_w d) [< 0.02]$ |
| Scp | Mean compression stress (N_{Ed}/A_c) [Mpa] [$< 0.2 f_{cd}$] |
| k | Coeff. k in the equation (6.2.a) EC2 |

| Comb.N. | Check | Ved | Vwct | d | bw | Ro | Scp | k |
|---------|-------|--------|--------|------|-------|--------|------|-------|
| 1 | OK | 130,04 | 397,39 | 99,8 | 100,0 | 0,0000 | 0,02 | 1,448 |
| 2 | OK | 195,82 | 388,72 | 99,8 | 100,0 | 0,0000 | 0,01 | 1,448 |

Stati limite d'esercizio

SERVICEABILITY LIMIT STATE - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

| | |
|----|--|
| N | Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive) |
| Mx | Moment force [kNm] around x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section |

| Comb.N. | N | Mx |
|---------|--------|--------|
| 1 | 160,22 | 232,34 |

SERVICEABILITY LIMIT STATE - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

| | |
|----|--|
| N | Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive) |
| Mx | Moment force [kNm] around x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section |

| Comb.N. | N | Mx |
|---------|--------|--------|
| 1 | 158,17 | 170,08 |

SERVICEABILITY LIMIT STATE - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

| | |
|----|--|
| N | Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive) |
| Mx | Moment force [kNm] around x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section |

| Comb.N. | N | Mx |
|---------|--------|--------|
| 1 | 156,11 | 107,83 |

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

| | |
|--------|--|
| Check | Result of Check |
| Sc max | Max compressive stress (+) in concrete [Mpa] |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 62 di 83 |

| | |
|---------|--|
| Yc max | y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc max (reference X,Y,O) |
| Sc min | Min compression stress (+) in concrete [Mpa] |
| Yc min | y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc min (reference X,Y,O) |
| Ss min | Min tension stress (-) of steel bars [Mpa] |
| Ys min | y-coordinate [cm] of centroid bar corresponding to Ss min (reference X,Y,O) |
| hc eff. | Concrete depth [cm] in concrete tension area surrounding tension steel bars |
| Ac eff | Effective tension area [cm ²] that is the area of concrete surrounding the tension reinforcement (for crack width control) |
| As eff | Area of tension steel bars [cm ²] within Ac eff (for crack width control) |
| D bars | Mean spacing [cm] of bonded reinforcement [eq.(7.11) §7.3.4(3)EC2] (D bars = 0 indicates spacing > 5(c+O/2) and eq.(7.14) is pertinent) |

| Comb.N. | Check | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Ss min | Ys min | hc eff | Ac eff | As Eff | D bars |
|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | OK | 1,74 | 105,0 | 0,00 | 73,8 | -57,4 | 99,8 | 13,0 | 1300 | 31,4 | 10,0 |

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

| | |
|-------------|---|
| Check | Result of check |
| e1 | Greater concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section |
| e2 | Lesser concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section |
| k1 | = 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2] |
| kt | = 0.6 for charact. and frequent SLS; = 0.4 for quasi-perm. SLS (Factor dependent on the duration of the load [see eq.(7.9) EC2]) |
| k2 | = 0.5 for bending; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2] |
| k3 | = 3,400 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex |
| k4 | = 0,425 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex |
| ll c | Equivalent bar diameter [mm] cover [cm] to the tensile reinforcement [see eq.(7.11)(7.12) EC2] |
| r eff | Geometrical ratio As eff/Ac eff [eq.(7.10) EC2] |
| e sm - e cm | Difference between the mean strain of tensile steel and concrete under the relevant combination [eq.(7.8)] Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = 0.6 Smax / Es |
| sr max | Max final crack [mm] spacing |
| wk | Calculated value [mm] of crack width = sr max*(e sm - e cm)[eq.(7.8)]. Limit value of wk is shown between brackets |
| M crack | First cracking bending moment [kNm] |

| Comb.N. | Check | e1 | e2 | k2 | ll c | r eff | e sm - e cm | sr max | wk | M crack |
|---------|-------|----------|----|-------|--------|-------|--------------------|--------|-------|---------|
| 1 | OK | -0,00031 | 0 | 0,500 | 20 4,2 | 0,024 | 0,000172 (0,00017) | 283 | 0,049 | 749,73 |

SLS - CHARACTERISTIC COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

| | |
|----------|--|
| N.Vertex | Assigned numbers to concrete vertices |
| Xc, Yc | X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O |
| Sc | Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive) |
| e c | Strain in each vertex |

| Vertex N. | Xc | Yc | Sc | e c |
|-----------|-------|-------|-------|------------|
| 1 | -50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0003090 |
| 2 | -50,0 | 105,0 | 1,744 | 0,0001308 |
| 3 | 50,0 | 105,0 | 1,744 | 0,0001308 |
| 4 | 50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0003090 |

Longitudinal Bars:

| | |
|--------|--|
| N. Bar | Assigned numbers to each bar |
| Xs, Ys | X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O |
| Ss | Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive) |
| e s | Strain in each bar |

| Bar N. | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|-------|-----|--------|------------|
| 1 | -46,0 | 5,2 | -57,45 | -0,0002872 |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 63 di 83 |

| | | | | |
|----|-------|------|--------|------------|
| 2 | -35,8 | 5,2 | -57,45 | -0,0002872 |
| 3 | -25,6 | 5,2 | -57,45 | -0,0002872 |
| 4 | -15,3 | 5,2 | -57,45 | -0,0002872 |
| 5 | -5,1 | 5,2 | -57,45 | -0,0002872 |
| 6 | 5,1 | 5,2 | -57,45 | -0,0002872 |
| 7 | 15,3 | 5,2 | -57,45 | -0,0002872 |
| 8 | 25,6 | 5,2 | -57,45 | -0,0002872 |
| 9 | 35,8 | 5,2 | -57,45 | -0,0002872 |
| 10 | 46,0 | 5,2 | -57,45 | -0,0002872 |
| 11 | -46,0 | 99,8 | 21,80 | 0,0001090 |
| 12 | -35,8 | 99,8 | 21,80 | 0,0001090 |
| 13 | -25,6 | 99,8 | 21,80 | 0,0001090 |
| 14 | -15,3 | 99,8 | 21,80 | 0,0001090 |
| 15 | -5,1 | 99,8 | 21,80 | 0,0001090 |
| 16 | 5,1 | 99,8 | 21,80 | 0,0001090 |
| 17 | 15,3 | 99,8 | 21,80 | 0,0001090 |
| 18 | 25,6 | 99,8 | 21,80 | 0,0001090 |
| 19 | 35,8 | 99,8 | 21,80 | 0,0001090 |
| 20 | 46,0 | 99,8 | 21,80 | 0,0001090 |

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

| Comb.N. | Check | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Ss min | Ys min | hc eff | Ac eff | As Eff | D bars |
|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | OK | 1,29 | 105,0 | 0,00 | 70,6 | -36,7 | 99,8 | 13,0 | 1300 | 31,4 | 10,0 |

SLS FREQUENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

| Comb.N. | Check | e1 | e2 | k2 | W c | r eff | e sm - e cm | sr max | wk | M crack |
|---------|-------|----------|----|-------|--------|-------|--------------------|--------|--------------|---------|
| 1 | OK | -0,00020 | 0 | 0,500 | 20 4,2 | 0,024 | 0,000110 (0,00011) | 283 | 0,031 (0,40) | 792,84 |

SLS - FREQUENT COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

| Vertex N. | Xc | Yc | Sc | e c |
|-----------|-------|-------|-------|------------|
| 1 | -50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0001983 |
| 2 | -50,0 | 105,0 | 1,290 | 0,0000967 |
| 3 | 50,0 | 105,0 | 1,290 | 0,0000967 |
| 4 | 50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0001983 |

Longitudinal Bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

| Bar N. | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|-------|-----|--------|------------|
| 1 | -46,0 | 5,2 | -36,74 | -0,0001837 |
| 2 | -35,8 | 5,2 | -36,74 | -0,0001837 |
| 3 | -25,6 | 5,2 | -36,74 | -0,0001837 |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 64 di 83 |

| | | | | |
|----|-------|------|--------|------------|
| 4 | -15,3 | 5,2 | -36,74 | -0,0001837 |
| 5 | -5,1 | 5,2 | -36,74 | -0,0001837 |
| 6 | 5,1 | 5,2 | -36,74 | -0,0001837 |
| 7 | 15,3 | 5,2 | -36,74 | -0,0001837 |
| 8 | 25,6 | 5,2 | -36,74 | -0,0001837 |
| 9 | 35,8 | 5,2 | -36,74 | -0,0001837 |
| 10 | 46,0 | 5,2 | -36,74 | -0,0001837 |
| 11 | -46,0 | 99,8 | 16,42 | 0,0000821 |
| 12 | -35,8 | 99,8 | 16,42 | 0,0000821 |
| 13 | -25,6 | 99,8 | 16,42 | 0,0000821 |
| 14 | -15,3 | 99,8 | 16,42 | 0,0000821 |
| 15 | -5,1 | 99,8 | 16,42 | 0,0000821 |
| 16 | 5,1 | 99,8 | 16,42 | 0,0000821 |
| 17 | 15,3 | 99,8 | 16,42 | 0,0000821 |
| 18 | 25,6 | 99,8 | 16,42 | 0,0000821 |
| 19 | 35,8 | 99,8 | 16,42 | 0,0000821 |
| 20 | 46,0 | 99,8 | 16,42 | 0,0000821 |

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

| Comb.N. | Check | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Ss min | Ys min | hc eff | Ac eff | As Eff | D bars |
|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | OK | 0,82 | 105,0 | 0,00 | 62,6 | -16,7 | 99,8 | 13,0 | 1300 | 31,4 | 10,0 |

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

| Comb.N. | Check | e1 | e2 | k2 | W c | r eff | e sm - e cm | sr max | wk | M crack |
|---------|-------|----------|----|-------|--------|-------|--------------------|--------|--------------|---------|
| 1 | OK | -0,00009 | 0 | 0,500 | 20 4,2 | 0,024 | 0,000050 (0,00005) | 283 | 0,014 (0,30) | 904,93 |

SLS - QUASI-PERMANENT COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)
 e c Strain in each vertex

| Vertex N. | Xc | Yc | Sc | e c |
|-----------|-------|-------|-------|------------|
| 1 | -50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0000910 |
| 2 | -50,0 | 105,0 | 0,823 | 0,0000617 |
| 3 | 50,0 | 105,0 | 0,823 | 0,0000617 |
| 4 | 50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0000910 |

Longitudinal Bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

| Bar N. | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|-------|-----|--------|------------|
| 1 | -46,0 | 5,2 | -16,69 | -0,0000834 |
| 2 | -35,8 | 5,2 | -16,69 | -0,0000834 |
| 3 | -25,6 | 5,2 | -16,69 | -0,0000834 |
| 4 | -15,3 | 5,2 | -16,69 | -0,0000834 |
| 5 | -5,1 | 5,2 | -16,69 | -0,0000834 |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 65 di 83 |

| | | | | |
|----|-------|------|--------|------------|
| 6 | 5,1 | 5,2 | -16,69 | -0,0000834 |
| 7 | 15,3 | 5,2 | -16,69 | -0,0000834 |
| 8 | 25,6 | 5,2 | -16,69 | -0,0000834 |
| 9 | 35,8 | 5,2 | -16,69 | -0,0000834 |
| 10 | 46,0 | 5,2 | -16,69 | -0,0000834 |
| 11 | -46,0 | 99,8 | 10,83 | 0,0000541 |
| 12 | -35,8 | 99,8 | 10,83 | 0,0000541 |
| 13 | -25,6 | 99,8 | 10,83 | 0,0000541 |
| 14 | -15,3 | 99,8 | 10,83 | 0,0000541 |
| 15 | -5,1 | 99,8 | 10,83 | 0,0000541 |
| 16 | 5,1 | 99,8 | 10,83 | 0,0000541 |
| 17 | 15,3 | 99,8 | 10,83 | 0,0000541 |
| 18 | 25,6 | 99,8 | 10,83 | 0,0000541 |
| 19 | 35,8 | 99,8 | 10,83 | 0,0000541 |
| 20 | 46,0 | 99,8 | 10,83 | 0,0000541 |

SLS - MINIMUM REINFORCEMENT AREAS FOR CRACK CONTROL (§ 7.3.2 EC2)

| | |
|-----------|--|
| N.Comb. | SLS combination number |
| Comb.Type | Frequent or Quasi-Permanent |
| Region | Part of concrete section under consideration (Web/Flange) |
| k | Coeff. wich take account of self-equilibrating stresses [see eq.(7.1) EC2] |
| kc | Coeff. wich take account of stress distribution at cracking[see eq.(7.1) EC2] |
| Ac eff | Area of concrete within tensile zone of the region under consideration just before cracking [(7.1)] |
| Ned | SLS axial force (+ if compressive) acting on the region under consideration [kN] |
| Sc | =Ned/Ac mean stress in the region of area Ac (web or rectangular section) [eq.(7.1)] |
| Frc | Absolute value of the tensile force [kN] within the flange at cracking due to the cracking moment [eq.(7.3)] |
| k1 | Coeff. considering the effect of axial forces on the stress (web or rectangular section) [eq.(7.2)] |
| As reg | Area [cm ²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration |
| As min | Minimum Area [cm ²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration required by eq. (7.1) |

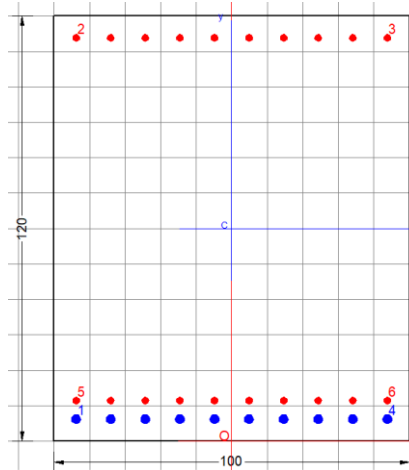
| Comb.N. | Comb.Type | Region | k | kc | Ac eff | Ned | Sc | k1 | Frc | As reg | As min |
|---------|-------------|--------|------|------|--------|---------|-------|------|-----|--------|--------|
| 1 | Frequent | Web | 0,65 | 0,34 | 4300 | 676,59 | 6,44 | 1,50 | --- | 31,4 | 6,2 |
| 1 | Quasi-perm. | Web | 0,65 | 0,30 | 3750 | 1202,19 | 11,45 | 1,50 | --- | 31,4 | 4,7 |

10.2 Verifica soletta in fondazione

La verifica è stata effettuata su una sezione H=120 B=100, armata con strato primo di $\phi 26/10$ e strato secondo di $\phi 20/10$ nella zona tesa e con $\phi 20/10$ in zona compressa . Il copriferro di calcolo è pari a 6.2 cm. Le verifiche presentate qui di sotto, sono fatte con il software RC'SEC.

Pressoflessione

$$M_{Ed} = 2417,58 \text{ kNm}$$



GENERAL DATA OF GENERIC RC CROSS-SECTION

Section Name: Fondazione.secEC

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\02 Muro ad U - km 31+350\Fondazione.secEC)

Section description:

| | |
|-------------------------------|---|
| Section type: | Beam without stirrups |
| Reference code: | EC2/EC8 Italian Annex |
| Exposure Class: | XC3 - Carbonation (long-term water contact/foundations) |
| Stress path: | Constant axial force force to achieve bending ULS |
| Reference of assigned forces: | Principal axes y,y of inertia |

MATERIALS DATA

| | | |
|------------|--|----------------------------|
| CONCRETE - | Class: | C30/37 |
| | Design compressive strength fcd: | 17,0 MPa |
| | Shear reduced compressive strenght $v1* fcd$: | 8,5 MPa (6.9)EC2 |
| | Coeff Crd,c: | 0,1200 (§ 6.2.2(1) EC2 |
| | Coeff K1: | 0,1500 (§ 6.2.2(1) EC2 |
| | Coeff v min: | 0,0111 Mpa (§ 6.2.2(1) EC2 |
| | Strain at max strength ec2: | 0,0020 |
| | Ultimate strain ecu: | 0,0035 |
| | Compression diagram stress-strain: | Parabola-Rettangle |
| | Mean Elastic Modulus Ecm: | 32836,6 MPa |
| | Mean tensile strength fctm: | 2,9 MPa |
| | Es/Ec in SLS combination: | 15,00 |
| | Stress limit in SLS Characteristic comb.: | 18,0 kN/cm? |
| | Stress limit in SLS Frequent comb.: | 180,0 daN/cm? |
| | Crack width limit in SLS Frequent comb.: | 0,400 mm |
| | Stress limit in SLS Quasi-perm. comb.: | 13,50 Mpa |
| | Crack width limit in SLS Quasi-perm. comb.: | 0,300 mm |

| | | |
|---------|----------------------------------|--------------|
| STEEL - | Longitudinal Bars and Stirrups: | B450C |
| | Characteristic yield stress fyk: | 450,00 MPa |
| | Tensile strength ftk: | 540,0 MPa |
| | Design yield stress fyd: | 391,3 MPa |
| | Design strength ftd: | 391,3 MPa |
| | Design ultimate strain esu: | 0,068 |
| | Mean elastic modulus Es: | 200000,0 MPa |
| | SLS Charact. - Ss Limit: | 360,00 MPa |

GEOMETRICAL DATA OF CONCRETE CROSS-SECTION

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 67 di 83 |

Shape of Region: Polygonal
Concrete Class: C30/37

| Vertex N.: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1 | -50,0 | 0,0 |
| 2 | -50,0 | 120,0 |
| 3 | 50,0 | 120,0 |
| 4 | 50,0 | 0,0 |

DATA ISOLATED LONGITUDINAL BARS

| Bar N. | X [cm] | Y [cm] | Diam \varnothing [mm] |
|--------|--------|--------|-------------------------|
| 1 | -43,8 | 6,2 | 26 |
| 2 | -43,8 | 113,8 | 20 |
| 3 | 43,8 | 113,8 | 20 |
| 4 | 43,8 | 6,2 | 26 |
| 5 | -43,8 | 11,4 | 20 |
| 6 | 43,8 | 11,4 | 20 |

DATA OF LINEAR GENERATIONS OF LONGITUDINAL BARS

N. Gen. Number of generated bars of the current linear generation
N.Initial Bar Order number of initial bar (between the isolated bars just defined)
N.Final Bar Order number of final bar (between the isolated bars just defined)
N. Bars Number of bars generated equidistant in the current generation
 \varnothing Diameter [mm] of generated bars

| Gen.N. | Initial Bar | Final Bar | N. Bars | \varnothing |
|--------|-------------|-----------|---------|---------------|
| 1 | 1 | 4 | 8 | 26 |
| 2 | 2 | 3 | 8 | 20 |
| 3 | 5 | 6 | 8 | 20 |

ULTIMATE LIMIT STATE - ASSIGNED DESIGN FORCES FOR EACH COMBINATION

N d Design axial force [kN] applied at centroid of concrete section (+ if compressive)
Mx d Design bending force [kNm] around x principal axis of inertia
My d Design bending force [kNm] around y principal axis of inertia
Vy d Design shear component [kN] parallel to y principal axis of inertia
Vx d Design shear component [kN] parallel to x principal axis of inertia

| Comb.N. | N d | Mx d | My d | Vy d | Vx d |
|---------|--------|---------|------|--------|------|
| 1 | 772,79 | 1455,87 | 0,00 | 110,71 | 0,00 |
| 2 | 691,91 | 2417,58 | 0,00 | 269,34 | 0,00 |
| 3 | 579,60 | 1150,01 | 0,00 | 347,86 | 0,00 |

CHECKS RESULTS

Checks OK for all assigned combinations

Min edge cover of longitudinal bars: 4,9 cm
Min distance between longitudinal bars: 2,9 cm

ULTIMATE LIMIT STATES - N-MX-MY CAPACITY CHECKS

| Check | Result of check |
|------------|--|
| N | Design axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive) |
| Mx | Design bending moment [kNm] around x axis principal of inerzia |
| My | Design bending moment [kNm] around y axis principal of inerzia |
| N ult | Axial force capacity [kN] (+ if compressive) |
| Mx ult | Bending moment capacity [kNm] around x axis principal of inertia |
| My ult | Bending moment capacity [kNm] around y axis principal of inertia |
| S.F. | Safety Factor = vectorial ratio of (N ult,Mx ult,My ult) to (N,Mx,My). Check OK if ratio >=1.00 |
| As Tension | Area [cm ²] of bars in tension (beam section). Min area for code is shown between brackets [eq.(9.1N) EC2] |

| Comb.N. | Check | N | Mx | My | N ult | Mx ult | My ult | S.F. | As Tension |
|---------|-------|--------|---------|------|--------|---------|--------|-------|------------|
| 1 | OK | 772,79 | 1455,87 | 0,00 | 772,91 | 3841,22 | 0,00 | 2,602 | 84,5(0,0) |
| 2 | OK | 691,91 | 2417,58 | 0,00 | 691,85 | 3806,34 | 0,00 | 1,568 | 84,5(0,0) |
| 3 | OK | 579,60 | 1150,01 | 0,00 | 579,50 | 3757,37 | 0,00 | 3,220 | 84,5(0,0) |

ULTIMATE LIMIT STATE - BENDING AND AXIAL FORCE - STRAIN VALUES

| Parameter | Description |
|-----------|--|
| ec max | Ultimate compressive strain in concrete |
| ec* | Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed) |
| Xc max | X-coordinate [cm] in the concrete point in wich is ec max |
| Yc max | Y-coordinate [cm] in the concrete point in wich is ec max |
| es max | Max strain in steel bars (+ if compressive) |
| Xs max | X-coordinate [cm] of bar in wich is es max |
| Ys max | Y-coordinate [cm] of bar in wich is es max |
| es min | Min strain in steel bars (+ if compressive) |
| Xs min | X-coordinate [cm] of bar in wich is es min |
| Ys min | Y-coordinate [cm] of bar in wich is es min |

| Comb.N. | ec max | ec* | Xc max | Yc max | es max | Xs max | Ys max | es min | Xs min | Ys min |
|---------|---------|----------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 0,00350 | -0,00519 | 50,0 | 120,0 | 0,00245 | 43,8 | 113,8 | -0,01573 | -43,8 | 6,2 |
| 2 | 0,00350 | -0,00544 | 50,0 | 120,0 | 0,00242 | 43,8 | 113,8 | -0,01629 | -43,8 | 6,2 |
| 3 | 0,00350 | -0,00582 | 50,0 | 120,0 | 0,00238 | 43,8 | 113,8 | -0,01713 | -43,8 | 6,2 |

BENDING COMBINATION N. 1 : ULTIMATE STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

| Parameter | Description |
|-----------|--|
| N.Vertex | Assigned numbers to concrete vertices |
| Reg. | Number of concrete region to which it relates the vertices |
| Xc, Yc | X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O |
| Sc | Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive) |
| ec | Strain in each vertex |

| Vert.N. | Reg. | Xc | Yc | Sc | ec |
|---------|------|--------|--------|-------|------------|
| 1 | 1 | -50,00 | 0,00 | 0,00 | -0,0167748 |
| 2 | 1 | -50,00 | 120,00 | 17,00 | 0,0035000 |
| 3 | 1 | 50,00 | 120,00 | 17,00 | 0,0035000 |
| 4 | 1 | 50,00 | 0,00 | 0,00 | -0,0167748 |

Longitudinal Bars:

| Parameter | Description |
|-----------|--|
| Bar N. | Order numbers assigned to the bars |
| Xs, Ys | X-coordinate, Y-coordinate [cm] of single bar in the reference X,Y,O |
| Ss | Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive) |
| es | Strain in each bar |

| Bar N. | Xs | Ys | Ss | es |
|--------|--------|--------|---------|------------|
| 1 | -43,80 | 6,20 | -391,30 | -0,0157273 |
| 2 | -43,80 | 113,80 | 391,30 | 0,0024525 |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 69 di 83 |

| | | | | |
|----|--------|--------|---------|------------|
| 3 | 43,80 | 113,80 | 391,30 | 0,0024525 |
| 4 | 43,80 | 6,20 | -391,30 | -0,0157273 |
| 5 | -43,80 | 11,40 | -391,30 | -0,0148487 |
| 6 | 43,80 | 11,40 | -391,30 | -0,0148487 |
| 7 | -34,07 | 6,20 | -391,30 | -0,0157273 |
| 8 | -24,33 | 6,20 | -391,30 | -0,0157273 |
| 9 | -14,60 | 6,20 | -391,30 | -0,0157273 |
| 10 | -4,87 | 6,20 | -391,30 | -0,0157273 |
| 11 | 4,87 | 6,20 | -391,30 | -0,0157273 |
| 12 | 14,60 | 6,20 | -391,30 | -0,0157273 |
| 13 | 24,33 | 6,20 | -391,30 | -0,0157273 |
| 14 | 34,07 | 6,20 | -391,30 | -0,0157273 |
| 15 | -34,07 | 113,80 | 391,30 | 0,0024525 |
| 16 | -24,33 | 113,80 | 391,30 | 0,0024525 |
| 17 | -14,60 | 113,80 | 391,30 | 0,0024525 |
| 18 | -4,87 | 113,80 | 391,30 | 0,0024525 |
| 19 | 4,87 | 113,80 | 391,30 | 0,0024525 |
| 20 | 14,60 | 113,80 | 391,30 | 0,0024525 |
| 21 | 24,33 | 113,80 | 391,30 | 0,0024525 |
| 22 | 34,07 | 113,80 | 391,30 | 0,0024525 |
| 23 | -34,07 | 11,40 | -391,30 | -0,0148487 |
| 24 | -24,33 | 11,40 | -391,30 | -0,0148487 |
| 25 | -14,60 | 11,40 | -391,30 | -0,0148487 |
| 26 | -4,87 | 11,40 | -391,30 | -0,0148487 |
| 27 | 4,87 | 11,40 | -391,30 | -0,0148487 |
| 28 | 14,60 | 11,40 | -391,30 | -0,0148487 |
| 29 | 24,33 | 11,40 | -391,30 | -0,0148487 |
| 30 | 34,07 | 11,40 | -391,30 | -0,0148487 |

BENDING COMBINATION N. 2 : ULTIMATE STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

| Vert.N. | Reg. | Xc | Yc | Sc | e c |
|---------|------|--------|--------|-------|------------|
| 1 | 1 | -50,00 | 0,00 | 0,00 | -0,0173716 |
| 2 | 1 | -50,00 | 120,00 | 17,00 | 0,0035000 |
| 3 | 1 | 50,00 | 120,00 | 17,00 | 0,0035000 |
| 4 | 1 | 50,00 | 0,00 | 0,00 | -0,0173716 |

Longitudinal Bars:

| Bar N. | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|--------|--------|---------|------------|
| 1 | -43,80 | 6,20 | -391,30 | -0,0162932 |
| 2 | -43,80 | 113,80 | 391,30 | 0,0024216 |
| 3 | 43,80 | 113,80 | 391,30 | 0,0024216 |
| 4 | 43,80 | 6,20 | -391,30 | -0,0162932 |
| 5 | -43,80 | 11,40 | -391,30 | -0,0153888 |
| 6 | 43,80 | 11,40 | -391,30 | -0,0153888 |
| 7 | -34,07 | 6,20 | -391,30 | -0,0162932 |
| 8 | -24,33 | 6,20 | -391,30 | -0,0162932 |
| 9 | -14,60 | 6,20 | -391,30 | -0,0162932 |
| 10 | -4,87 | 6,20 | -391,30 | -0,0162932 |
| 11 | 4,87 | 6,20 | -391,30 | -0,0162932 |
| 12 | 14,60 | 6,20 | -391,30 | -0,0162932 |
| 13 | 24,33 | 6,20 | -391,30 | -0,0162932 |
| 14 | 34,07 | 6,20 | -391,30 | -0,0162932 |
| 15 | -34,07 | 113,80 | 391,30 | 0,0024216 |
| 16 | -24,33 | 113,80 | 391,30 | 0,0024216 |
| 17 | -14,60 | 113,80 | 391,30 | 0,0024216 |
| 18 | -4,87 | 113,80 | 391,30 | 0,0024216 |
| 19 | 4,87 | 113,80 | 391,30 | 0,0024216 |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 70 di 83 |

| | | | | |
|----|--------|--------|---------|------------|
| 20 | 14,60 | 113,80 | 391,30 | 0,0024216 |
| 21 | 24,33 | 113,80 | 391,30 | 0,0024216 |
| 22 | 34,07 | 113,80 | 391,30 | 0,0024216 |
| 23 | -34,07 | 11,40 | -391,30 | -0,0153888 |
| 24 | -24,33 | 11,40 | -391,30 | -0,0153888 |
| 25 | -14,60 | 11,40 | -391,30 | -0,0153888 |
| 26 | -4,87 | 11,40 | -391,30 | -0,0153888 |
| 27 | 4,87 | 11,40 | -391,30 | -0,0153888 |
| 28 | 14,60 | 11,40 | -391,30 | -0,0153888 |
| 29 | 24,33 | 11,40 | -391,30 | -0,0153888 |
| 30 | 34,07 | 11,40 | -391,30 | -0,0153888 |

BENDING COMBINATION N. 3 : ULTIMATE STRESS AND STRAIN

Concrete vertices:

| Vert.N. | Reg. | Xc | Yc | Sc | e c |
|---------|------|--------|--------|-------|------------|
| 1 | 1 | -50,00 | 0,00 | 0,00 | -0,0182515 |
| 2 | 1 | -50,00 | 120,00 | 17,00 | 0,0035000 |
| 3 | 1 | 50,00 | 120,00 | 17,00 | 0,0035000 |
| 4 | 1 | 50,00 | 0,00 | 0,00 | -0,0182515 |

Longitudinal Bars:

| Bar N. | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|--------|--------|---------|------------|
| 1 | -43,80 | 6,20 | -391,30 | -0,0171277 |
| 2 | -43,80 | 113,80 | 391,30 | 0,0023762 |
| 3 | 43,80 | 113,80 | 391,30 | 0,0023762 |
| 4 | 43,80 | 6,20 | -391,30 | -0,0171277 |
| 5 | -43,80 | 11,40 | -391,30 | -0,0161851 |
| 6 | 43,80 | 11,40 | -391,30 | -0,0161851 |
| 7 | -34,07 | 6,20 | -391,30 | -0,0171277 |
| 8 | -24,33 | 6,20 | -391,30 | -0,0171277 |
| 9 | -14,60 | 6,20 | -391,30 | -0,0171277 |
| 10 | -4,87 | 6,20 | -391,30 | -0,0171277 |
| 11 | 4,87 | 6,20 | -391,30 | -0,0171277 |
| 12 | 14,60 | 6,20 | -391,30 | -0,0171277 |
| 13 | 24,33 | 6,20 | -391,30 | -0,0171277 |
| 14 | 34,07 | 6,20 | -391,30 | -0,0171277 |
| 15 | -34,07 | 113,80 | 391,30 | 0,0023762 |
| 16 | -24,33 | 113,80 | 391,30 | 0,0023762 |
| 17 | -14,60 | 113,80 | 391,30 | 0,0023762 |
| 18 | -4,87 | 113,80 | 391,30 | 0,0023762 |
| 19 | 4,87 | 113,80 | 391,30 | 0,0023762 |
| 20 | 14,60 | 113,80 | 391,30 | 0,0023762 |
| 21 | 24,33 | 113,80 | 391,30 | 0,0023762 |
| 22 | 34,07 | 113,80 | 391,30 | 0,0023762 |
| 23 | -34,07 | 11,40 | -391,30 | -0,0161851 |
| 24 | -24,33 | 11,40 | -391,30 | -0,0161851 |
| 25 | -14,60 | 11,40 | -391,30 | -0,0161851 |
| 26 | -4,87 | 11,40 | -391,30 | -0,0161851 |
| 27 | 4,87 | 11,40 | -391,30 | -0,0161851 |
| 28 | 14,60 | 11,40 | -391,30 | -0,0161851 |
| 29 | 24,33 | 11,40 | -391,30 | -0,0161851 |
| 30 | 34,07 | 11,40 | -391,30 | -0,0161851 |

ULTIMATE LIMIT STATE - POSITION OF NEUTRAL AXIS FOR EACH COMBINATION

| | |
|---------|--|
| a, b, c | Coeff. a, b, c in neutral axis equation: $aX+bY+c=0$ reference X,Y,O |
| x/d | Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section |
| D | Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [eq.(5.10)EC2] |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 71 di 83 |

| Comb.N. | a | b | c | x/d | D |
|---------|-------------|-------------|--------------|-------|-------|
| 1 | 0,000000000 | 0,000168957 | -0,016774835 | 0,182 | 0,700 |
| 2 | 0,000000000 | 0,000173930 | -0,017371603 | 0,177 | 0,700 |
| 3 | 0,000000000 | 0,000181263 | -0,018251509 | 0,170 | 0,700 |

Taglio

$$V_{Ed} = 347.86 \text{ kN}$$

La verifica è stata condotta non considerando armatura a taglio.

ULTIMATE LIMIT STATE - SHEAR CHECKS IN MEMBER NOT REQUIRING SHEAR REINFORCEMENT

| Check | Result of check |
|-------|--|
| Ved | Design shear force [kN] = sum of Vx and Vy projected onto the normal to the neutral axis |
| Vrd,c | Shear resistance [kN] [§6.2.2 EC2] |
| d | Mean weighted effective depth of cross-section [cm] |
| bw | Mean weighted width of cross-section [cm] |
| Ro | Ratio of long. tensile reinforcement to (bw*d) [<0.02] |
| Scp | Ratio of axial force N to the area Ac of concrete cross-section [Mpa] |
| k | Coeff. k in the equation (6.2.a) EC2 |

| Comb.N. | Check | Ved | Vrd,c | d | bw | Ro | Scp | k |
|---------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|------|-------|
| 1 | OK | 110,71 | 626,36 | 113,8 | 100,0 | 0,0080 | 0,64 | 1,435 |
| 2 | OK | 269,34 | 616,51 | 113,8 | 100,0 | 0,0080 | 0,58 | 1,435 |
| 3 | OK | 347,86 | 602,73 | 113,8 | 100,0 | 0,0080 | 0,48 | 1,434 |

Stati limite d'esercizio

SERVICEABILITY LIMIT STATES - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

| N | Mx | My |
|---|---|---|
| Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive) | Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets. | Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets. |

| Comb.N. | N | Mx | My |
|---------|--------|---------|------|
| 1 | 448,69 | 1369,21 | 0,00 |

SERVICEABILITY LIMIT STATES - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

| N | Mx | My |
|---|---|---|
| Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive) | Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets. | Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets. |

| Comb.N. | N | Mx | My |
|---------|--------|-------------------|-------------|
| 1 | 439,01 | 1249,81 (1046,26) | 0,00 (0,00) |

SERVICEABILITY LIMIT STATES - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

| N | Mx |
|---|---|
| Axial force [kN] applied at the centroid of concrete section (+ if compressive) | Bending force [kNm] around x principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets. |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 72 di 83 |

My Bending force [kNm] around y principal axis of inertia. First cracking value is shown between brackets.

| Comb.N. | N | Mx | My |
|---------|--------|-------------------|-------------|
| 1 | 429,34 | 1173,32 (1049,81) | 0,00 (0,00) |

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

| | |
|----------------------|--|
| Tension in concrete: | Not considered in any case |
| Check | Result of Check |
| Reg | Number of current concrete sub-region of the cross section |
| Sc max (Sc lim) | Max compressive stress (+) in concrete [Mpa]. Code limit stress Sc lim is shown between brackets |
| Xc max, Yc max | X-coordinae, Y-coordinate [cm] of concrete vertex corresponding to Sc max (reference X,Y,O) |
| Ss min (Ss lim) | Min stress (- if tensile) in steel bars [Mpa]. Code limit stress is shown between brackets |
| Xs min, Ys min | X-coordinae, Y-coordinate [cm] of bar corresponding to Ss min (reference X,Y,O) |
| Ac eff | Effective tension area [cm ²] that is the area of concrete surrounding the tension reinforcement (for crack width control) |
| As eff | Area of tension steel bars [cm ²] within Ac eff (for crack width control) |
| r eff | Geometrical ratio Ac eff/Ac [eq.(7.10) Ec2] |

| NComb | Reg | Check | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff | As eff | r eff |
|-------|-----|-------|-------------|--------|--------|----------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1 | 1 | OK | 6,17 (18,0) | -50,0 | 120,0 | -143,6 (360,0) | -43,8 | 6,2 | 2050 | 84,5 | 0,041 |

SLS CHARACTERISTIC - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

| | |
|-------------|--|
| Check | Section is assumed always cracked even if flexural tensile stress does not exceeds fctm Result of check |
| e1 | Greater concrete tensile strain (tension is -) assessed in cracked section |
| e2 | Lesser concrete tensile strain within the entire section (tension is -) assessed in cracked section |
| k1 | = 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2] |
| kt | = 0.6 for frequent and characteristic SLS; = 0.4 for q.perm SLS [see eq.(7.9) EC2] |
| k2 | = 0.5 for bending; = (e1 + e2)/(2*e1) for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2] |
| k3 | = 3,400 Coeff. in eq. (7.11) according to national annex |
| k4 | = 0,425 Coeff. in eq. (7.11) according to national annex |
| ∅ | Bar diameter [mm] or equivalent diameter of tensile bars in Ac eff [eq.(7.11)] |
| e sm - e cm | Difference between the mean strain of tensile steel and concrete [eq.(7.8)] Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = 0.6 Smax / Es |
| sr max | Max final crack [mm] spacing |
| wk | Calculated value [mm] of crack width = sr max*(e sm - e cm) [eq.(7.8)]. Limit value of wk is shown between brackets |
| MX crack | First cracking bending moment around X axis[kNm] |
| MY crack | First cracking bending moment around Y axis[kNm] |

| Comb.N. | Check | e1 | e2 | k2 | ∅ | e sm - e cm | sr max | wk | Mx crack | My crack |
|---------|-------|----------|----|-------|------|-------------------|--------|-------|----------|----------|
| 1 | OK | -0,00078 | 0 | 0,500 | 23,4 | 0,00045 (0,00043) | 263 | 0,119 | 1040,59 | 0,00 |

SLS - CHARACTERISTIC COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

| | |
|----------|--|
| N.Vertex | Assigned numbers to concrete vertices |
| Reg. | Number of concrete region to which it relates the vertices |
| Xc, Yc | X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O |
| Sc | Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive) |
| e c | Strain in each vertex |

Concrete region:

| N.Vertex | Reg. | Xc | Yc | Sc | e c |
|----------|------|-------|-------|-------|------------|
| 1 | 1 | -50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0007822 |
| 2 | 1 | -50,0 | 120,0 | 6,174 | 0,0004631 |
| 3 | 1 | 50,0 | 120,0 | 6,174 | 0,0004631 |
| 4 | 1 | 50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0007822 |

Longitudinal bars:

| | |
|--------|--|
| N. Bar | Assigned numbers to each bar |
| Xs, Ys | X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 73 di 83 |

| N. Bar | Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive) | | Strain in each bar | |
|--------|---|-------|--------------------|------------|
| | Xs | Ys | Ss | e s |
| 1 | -43,8 | 6,2 | -143,57 | -0,0007178 |
| 2 | -43,8 | 113,8 | 79,74 | 0,0003987 |
| 3 | 43,8 | 113,8 | 79,74 | 0,0003987 |
| 4 | 43,8 | 6,2 | -143,57 | -0,0007178 |
| 5 | -43,8 | 11,4 | -132,78 | -0,0006639 |
| 6 | 43,8 | 11,4 | -132,78 | -0,0006639 |
| 7 | -34,1 | 6,2 | -143,57 | -0,0007178 |
| 8 | -24,3 | 6,2 | -143,57 | -0,0007178 |
| 9 | -14,6 | 6,2 | -143,57 | -0,0007178 |
| 10 | -4,9 | 6,2 | -143,57 | -0,0007178 |
| 11 | 4,9 | 6,2 | -143,57 | -0,0007178 |
| 12 | 14,6 | 6,2 | -143,57 | -0,0007178 |
| 13 | 24,3 | 6,2 | -143,57 | -0,0007178 |
| 14 | 34,1 | 6,2 | -143,57 | -0,0007178 |
| 15 | -34,1 | 113,8 | 79,74 | 0,0003987 |
| 16 | -24,3 | 113,8 | 79,74 | 0,0003987 |
| 17 | -14,6 | 113,8 | 79,74 | 0,0003987 |
| 18 | -4,9 | 113,8 | 79,74 | 0,0003987 |
| 19 | 4,9 | 113,8 | 79,74 | 0,0003987 |
| 20 | 14,6 | 113,8 | 79,74 | 0,0003987 |
| 21 | 24,3 | 113,8 | 79,74 | 0,0003987 |
| 22 | 34,1 | 113,8 | 79,74 | 0,0003987 |
| 23 | -34,1 | 11,4 | -132,78 | -0,0006639 |
| 24 | -24,3 | 11,4 | -132,78 | -0,0006639 |
| 25 | -14,6 | 11,4 | -132,78 | -0,0006639 |
| 26 | -4,9 | 11,4 | -132,78 | -0,0006639 |
| 27 | 4,9 | 11,4 | -132,78 | -0,0006639 |
| 28 | 14,6 | 11,4 | -132,78 | -0,0006639 |
| 29 | 24,3 | 11,4 | -132,78 | -0,0006639 |
| 30 | 34,1 | 11,4 | -132,78 | -0,0006639 |

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

| NComb | Reg | Check | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff | As eff | r eff |
|-------|-----|-------|-------------|--------|--------|----------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1 | 1 | OK | 5,66 (18,0) | -50,0 | 120,0 | -129,6 (360,0) | -24,3 | 6,2 | 2050 | 84,5 | 0,041 |

SLS FREQUENT - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

| Comb.N. | Check | e1 | e2 | k2 | ll | e sm - e cm | sr max | wk | Mx crack | My crack |
|---------|-------|----------|----|-------|------|-------------------|--------|--------------|----------|----------|
| 1 | OK | -0,00071 | 0 | 0,500 | 23,4 | 0,00039 (0,00039) | 263 | 0,102 (0,40) | 1046,26 | 0,00 |

SLS - FREQUENT COMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

| | |
|----------|--|
| N.Vertex | Assigned numbers to concrete vertices |
| Reg. | Number of concrete region to which it relates the vertices |
| Xc, Yc | X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O |
| Sc | Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive) |
| e c | Strain in each vertex |

Concrete region:

| N.Vertex | Reg. | Xc | Yc | Sc | e c |
|----------|------|-------|-------|-------|------------|
| 1 | 1 | -50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0007064 |
| 2 | 1 | -50,0 | 120,0 | 5,657 | 0,0004243 |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 74 di 83 |

| | | | | | |
|---|---|------|-------|-------|------------|
| 3 | 1 | 50,0 | 120,0 | 5,657 | 0,0004243 |
| 4 | 1 | 50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0007064 |

Longitudinal bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

| N. Bar | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|-------|-------|---------|------------|
| 1 | -43,8 | 6,2 | -129,60 | -0,0006480 |
| 2 | -43,8 | 113,8 | 73,17 | 0,0003659 |
| 3 | 43,8 | 113,8 | 73,17 | 0,0003659 |
| 4 | 43,8 | 6,2 | -129,60 | -0,0006480 |
| 5 | -43,8 | 11,4 | -119,81 | -0,0005990 |
| 6 | 43,8 | 11,4 | -119,81 | -0,0005990 |
| 7 | -34,1 | 6,2 | -129,60 | -0,0006480 |
| 8 | -24,3 | 6,2 | -129,60 | -0,0006480 |
| 9 | -14,6 | 6,2 | -129,60 | -0,0006480 |
| 10 | -4,9 | 6,2 | -129,60 | -0,0006480 |
| 11 | 4,9 | 6,2 | -129,60 | -0,0006480 |
| 12 | 14,6 | 6,2 | -129,60 | -0,0006480 |
| 13 | 24,3 | 6,2 | -129,60 | -0,0006480 |
| 14 | 34,1 | 6,2 | -129,60 | -0,0006480 |
| 15 | -34,1 | 113,8 | 73,17 | 0,0003659 |
| 16 | -24,3 | 113,8 | 73,17 | 0,0003659 |
| 17 | -14,6 | 113,8 | 73,17 | 0,0003659 |
| 18 | -4,9 | 113,8 | 73,17 | 0,0003659 |
| 19 | 4,9 | 113,8 | 73,17 | 0,0003659 |
| 20 | 14,6 | 113,8 | 73,17 | 0,0003659 |
| 21 | 24,3 | 113,8 | 73,17 | 0,0003659 |
| 22 | 34,1 | 113,8 | 73,17 | 0,0003659 |
| 23 | -34,1 | 11,4 | -119,81 | -0,0005990 |
| 24 | -24,3 | 11,4 | -119,81 | -0,0005990 |
| 25 | -14,6 | 11,4 | -119,81 | -0,0005990 |
| 26 | -4,9 | 11,4 | -119,81 | -0,0005990 |
| 27 | 4,9 | 11,4 | -119,81 | -0,0005990 |
| 28 | 14,6 | 11,4 | -119,81 | -0,0005990 |
| 29 | 24,3 | 11,4 | -119,81 | -0,0005990 |
| 30 | 34,1 | 11,4 | -119,81 | -0,0005990 |

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

| NComb | Reg | Check | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff | As eff | r eff |
|-------|-----|-------|-------------|--------|--------|----------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1 | 1 | OK | 5,32 (13,5) | -50,0 | 120,0 | -120,8 (360,0) | -4,9 | 6,2 | 2050 | 84,5 | 0,041 |

SLS QUASI-PERMANENT - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

| Comb.N. | Check | e1 | e2 | k2 | ∑ | e sm - e cm | sr max | wk | Mx crack | My crack |
|---------|-------|----------|----|-------|------|-------------------|--------|--------------|----------|----------|
| 1 | OK | -0,00066 | 0 | 0,500 | 23,4 | 0,00043 (0,00036) | 263 | 0,113 (0,30) | 1049,81 | 0,00 |

SLS - QUASI-PERMANENTCOMBINATION N. 1 : RELEVANT STRESS AND STRAIN

N.Vertex Assigned numbers to concrete vertices
 Reg. Number of concrete region to which it relates the vertices
 Xc, Yc X-coordinate, Y-coordinate [cm] of vertices in the reference X,Y,O
 Sc Stress [Mpa] in each vertex (+ if compressive)

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 75 di 83 |

e c Strain in each vertex

Concrete region:

| N.Vertex | Reg. | Xc | Yc | Sc | e c |
|----------|------|-------|-------|-------|------------|
| 1 | 1 | -50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0006588 |
| 2 | 1 | -50,0 | 120,0 | 5,323 | 0,0003992 |
| 3 | 1 | 50,0 | 120,0 | 5,323 | 0,0003992 |
| 4 | 1 | 50,0 | 0,0 | 0,000 | -0,0006588 |

Longitudinal bars:

N. Bar Assigned numbers to each bar
 Xs, Ys X-coordinate, Y-coordinate [cm] of each bar in the reference X,Y,O
 Ss Stress [Mpa] in each bar (+ if compressive)
 e s Strain in each bar

| N. Bar | Xs | Ys | Ss | e s |
|--------|-------|-------|---------|------------|
| 1 | -43,8 | 6,2 | -120,83 | -0,0006042 |
| 2 | -43,8 | 113,8 | 68,92 | 0,0003446 |
| 3 | 43,8 | 113,8 | 68,92 | 0,0003446 |
| 4 | 43,8 | 6,2 | -120,83 | -0,0006042 |
| 5 | -43,8 | 11,4 | -111,66 | -0,0005583 |
| 6 | 43,8 | 11,4 | -111,66 | -0,0005583 |
| 7 | -34,1 | 6,2 | -120,83 | -0,0006042 |
| 8 | -24,3 | 6,2 | -120,83 | -0,0006042 |
| 9 | -14,6 | 6,2 | -120,83 | -0,0006042 |
| 10 | -4,9 | 6,2 | -120,83 | -0,0006042 |
| 11 | 4,9 | 6,2 | -120,83 | -0,0006042 |
| 12 | 14,6 | 6,2 | -120,83 | -0,0006042 |
| 13 | 24,3 | 6,2 | -120,83 | -0,0006042 |
| 14 | 34,1 | 6,2 | -120,83 | -0,0006042 |
| 15 | -34,1 | 113,8 | 68,92 | 0,0003446 |
| 16 | -24,3 | 113,8 | 68,92 | 0,0003446 |
| 17 | -14,6 | 113,8 | 68,92 | 0,0003446 |
| 18 | -4,9 | 113,8 | 68,92 | 0,0003446 |
| 19 | 4,9 | 113,8 | 68,92 | 0,0003446 |
| 20 | 14,6 | 113,8 | 68,92 | 0,0003446 |
| 21 | 24,3 | 113,8 | 68,92 | 0,0003446 |
| 22 | 34,1 | 113,8 | 68,92 | 0,0003446 |
| 23 | -34,1 | 11,4 | -111,66 | -0,0005583 |
| 24 | -24,3 | 11,4 | -111,66 | -0,0005583 |
| 25 | -14,6 | 11,4 | -111,66 | -0,0005583 |
| 26 | -4,9 | 11,4 | -111,66 | -0,0005583 |
| 27 | 4,9 | 11,4 | -111,66 | -0,0005583 |
| 28 | 14,6 | 11,4 | -111,66 | -0,0005583 |
| 29 | 24,3 | 11,4 | -111,66 | -0,0005583 |
| 30 | 34,1 | 11,4 | -111,66 | -0,0005583 |

SLS - CHECK OF MINIMUM REINFORCEMENT AREA FOR CRACK CONTROL (§ 7.3.2 EC2)

| | |
|-----------|--|
| Comb.N. | Order numbers assigned to SLS combination |
| Comb.Type | Frequent or Quasi-Permanent combination |
| Region | Number and type (web or flange) of sub-regions (as parts of the concrete cross-section) |
| k | Coeff. wich allows for the effects of non-uniform self-equilibrating stresses [eq.(7.1) EC2] |
| kc | Coeff. wich takes account of the stress distribution prior to cracking [eq.(7.2)-(7.3) EC2] |
| Act | Area of concrete (for each sub-region) within tension zone just before formation of first crack [eq.(7.1) EC2] |
| Ned | Axial force [kN] (+ if compressive) acting within each sub-region just before of first crack |
| Sc | = Ned/Act = mean stress [Mpa] within each concrete sub-region [eq.(7.1) EC2] |
| k1 | Coeff. considering the effects of axial force on the stress distribution (rectangular section or web sub-region) |
| Fcr | Absolute value of the tensile force [kN] within the flange just prior to cracking |
| As reg | Area [cm ²] of longitudinal bars within the tension area of each sub-region |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 76 di 83 |

As,min Minimum Area [cm²] of longitudinal bars to be placed within the tension area of each sub-region

| Comb.N. | Comb.Type | Region | k | kc | Act | Ned | Sc | k1 | Fcr | As reg | As,min |
|---------|-------------|---------|------|------|------|--------|------|------|-----|--------|--------|
| 1 | Frequent | 1 (Web) | 0,65 | 0,36 | 5200 | 617,15 | 5,14 | 1,50 | --- | 84,5 | 9,8 |
| 1 | Quasi-perm. | 1 (Web) | 0,65 | 0,36 | 5200 | 594,50 | 4,95 | 1,50 | --- | 84,5 | 9,8 |

10.3 Riepilogo verifiche a fessurazione

Verifiche a fessurazione - Comb. Rara

Condizioni ambientali ordinarie

Limite ap. fessure = $w_1 = 0.2$ mm

| | Arm. tesa | | Arm. comp. | | M [kNm/m] | N [kN/m] | wk [mm] |
|----------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|----------------|---------------|------------|
| | 1° strato | 2° strato | 1° strato | 2° strato | | | |
| Piedritto – sezione spessa | 10 Ø26 | 10 Ø24 | 10 Ø20 | - | 1246.54 | 304.18 | 0.081 |
| Piedritto (senza BAR) | 10 Ø18 | - | 10 Ø16 | - | 107.25 | 64.48 | 0.067 |
| Piedritto (con BAR) | 10 Ø20 | - | 10 Ø20 | - | 232.34 | 160.22 | 0.049 |
| Soletta fondazione | 10 Ø26 | 10 Ø26 | 10 Ø20 | - | 1369.21 | 448.69 | 0.119 |

11. VERIFICHE GEO

Di seguito vengono descritte e sviluppate le verifiche geotecniche dell'opera in oggetto.



Fig. 9 – Reazioni vincolari per INV SLU

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = ML/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

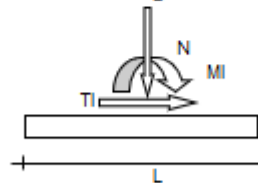
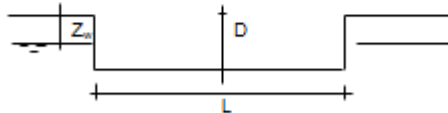
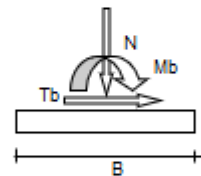
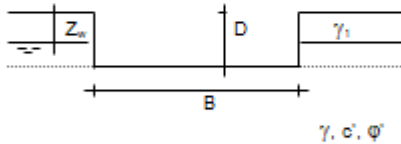
L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

coefficienti parziali

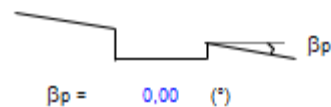
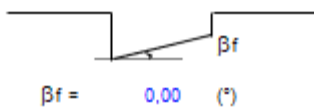
| Metodo di calcolo | | azioni | | proprietà del terreno | |
|----------------------|---|------------|----------------------|-----------------------|------|
| | | permanenti | temporanee variabili | $\tan \varphi'$ | c' |
| Stato limite ultimo | ○ | 1,00 | 1,30 | 1,25 | 1,60 |
| Tensioni ammissibili | ○ | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| definiti dall'utente | ⊗ | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

valori suggeriti dall'EC7



(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

B = 18,05 (m)
L = 120,00 (m)
D = 10,30 (m)



AZIONI

| | valori di input | | Valori di calcolo |
|----------|-----------------|------------|-------------------|
| | permanenti | temporanee | |
| N [kN] | 335040,00 | 0,00 | 335040,00 |
| Mb [kNm] | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ml [kNm] | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Tb [kN] | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Tl [kN] | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| H [kN] | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 17,00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 17,00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 0,00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 32,00 \quad (^\circ)$$

Valori di progetto

$$c' = 0,00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 32,00 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 20,00 \quad (\text{m})$$

$$e_{00} = 0,00 \quad (\text{m})$$

$$e_u = 0,00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 18,05 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 120,00 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 175,10 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 12,37 \quad (\text{kN/mc})$$

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_q = 23,18$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 35,49$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 30,21$$

$s_{c_i}, s_{q_i}, s_{\gamma_i}$: fattori di forma

$$s_{c_i} = 1 + B^* N_q / (L^* N_c)$$

$$s_{c_i} = 1,10$$

$$s_{q_i} = 1 + B^* \tan \varphi' / L^*$$

$$s_{q_i} = 1,09$$

$$s_{\gamma_i} = 1 - 0,4 \cdot B^* / L^*$$

$$s_{\gamma_i} = 0,94$$

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 80 di 83 |

i_e, i_q, i_r : fattori di inclinazione del carico

$$m_0 = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1,87 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90,00 \quad (^\circ)$$

$$m_1 = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1,13 \quad m = 1,87 \quad (-)$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme
e $m=(m_0 \sin^2 \theta + m_1 \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri)

$$i_e = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi))^m$$

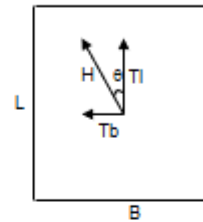
$$i_e = 1,00$$

$$i_c = i_e - (1 - i_e) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 1,00$$

$$i_r = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi))^{(m-1)}$$

$$i_r = 1,00$$



d_e, d_q, d_r : fattori di profondità del piano di appoggio

$$\text{per } D/B^* \leq 1; d_e = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi)^2 / B^*$$

$$\text{per } D/B^* > 1; d_e = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi)^2) * \arctan (D / B^*)$$

$$d_e = 1,16$$

$$d_c = d_e - (1 - d_e) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_c = 1,16$$

$$d_r = 1$$

$$d_r = 1,00$$

b_e, b_q, b_r : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_e = (1 - \beta_r \tan \varphi)^2 \quad \beta_r + \beta_p = 0,00 \quad \beta_r + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_e = 1,00$$

$$b_c = b_e - (1 - b_e) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_c = 1,00$$

$$b_r = b_e$$

$$b_r = 1,00$$

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 81 di 83 |

g_i, g_c, g_r : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_i = (1 - \tan\beta_p)^2 \quad \beta_i + \beta_p = 0,00 \quad \beta_i + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_i = 1,00$$

$$g_c = g_i - (1 - g_i) / (N_c \tan\varphi)$$

$$g_c = 1,00$$

$$g_r = g_i$$

$$g_r = 1,00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 8310,54 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad R3 \quad 2,30$$

$$q_{rd} = 3813 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Pressione massima agente

$$q = N / B \cdot L^*$$

$$q = 154,68 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = q_{lim} / q = 53,73 \quad \text{OK}$$

12. INCIDENZA ARMATURA

I valori delle incidenze di armatura lenta sono indicati nella seguente tabella:

- Soletta di fondazione = **130 kg/m³**;
- Piedritti = **110 kg/m³**.

Come previsto dall' Eurocodice (UNI EN 1992-1-1) per le piastre a portanza unidirezionale si raccomanda di prevedere un'armatura secondaria in quantità non minore del 20% dell'armatura principale.

Pertanto nel calcolo è stato un incremento del 15% per tener conto della presenza di legature, spille e sovrapposizioni. Si incrementa anche l'incidenza dell'armatura con 20 kg/m³ per tener conto dei distanziatori

Geometria muro ad U

Piedritti

| | | |
|--------------------|-------------|----------------------|
| Hsez1 | 0,6 | m |
| Hsez2 | 1,05 | m |
| Hsez3 | 1,2 | m |
| Bsez | 1 | m |
| Lsez1 | 1 | m |
| Lsez2 | 1 | m |
| Lsez3 | 1 | m |
| Vol. per m di muro | 2,85 | m³ |

Fondazione

| | | |
|----------------------|-------------|-------------------------|
| Hsez | 1,2 | m |
| Bsez | 1 | m |
| Lsez | 1 | m |
| Vol. per m di muro | 1,2 | m³ |
| Peso acciaio | 7850 | kg/m³ |
| Idennità di legature | 0,15 | |

Ferri di piedritto (per m)

| | ϕ | A | no barre | peso |
|-----------------------------|-----------|-----------------|-----------|---------------|
| | mm | m ² | - | kg/m |
| Parte superiore (senza BAR) | | | | |
| Zona tesa | 18 | 0,000254 | 10 | 19,976 |

Relazione di calcolo muro ad U

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| NR1J | 01 D 29 | CL | RI0005007 | A | 83 di 83 |

| | | | | |
|----------------------------------|-----------|-----------------|-----------|--------|
| Zona compressa | 18 | 0,000254 | 10 | 19,976 |
| Zona tesa, arm. orizzontale | 12 | 0,000113 | 5 | 4,439 |
| Zona compressa, arm. Orizzontale | 12 | 0,000113 | 5 | 4,439 |
| Parte superiore (senza BAR) | | | | |
| Zona tesa | 18 | 0,000254 | 10 | 19,976 |
| Zona compressa | 16 | 0,000201 | 10 | 15,783 |
| Zona tesa, arm. orizzontale | 12 | 0,000113 | 5 | 4,439 |
| Zona compressa, arm. Orizzontale | 12 | 0,000113 | 5 | 4,439 |
| Parte inferiore | | | | |
| Zona tesa strato 1 | 26 | 0,000531 | 10 | 41,678 |
| Zona tesa strato 2 | 24 | 0,000452 | 10 | 35,513 |
| Zona compressa | 20 | 0,000314 | 10 | 24,662 |
| Zona tesa, arm. orizzontale | 18 | 0,000254 | 5 | 9,988 |
| Zona compressa, arm. Orizzontale | 18 | 0,000254 | 5 | 9,988 |

Incidenza paramento **89,72** kg/m3

Ferri di fondazione (per m)

| | ϕ | A | no barre | peso |
|---------------------------------|-----------|-----------------|-----------|--------|
| | mm | m2 | - | kg/m |
| Zona tesa strato 1 | 26 | 0,000531 | 10 | 41,678 |
| Zona tesa strato 2 | 20 | 0,000314 | 10 | 24,662 |
| Zona compressa | 20 | 0,000314 | 10 | 24,662 |
| Zona tesa, arm. dir. long. | 18 | 0,000254 | 5 | 9,988 |
| Zona compressa, arm. dir. long. | 18 | 0,000254 | 5 | 9,988 |

Incidenza Fondazione **106,35** kg/m3