

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

FABBRICATI VIAGGIATORI

Fermata Pontecagnano Aeroporto - Sottopasso emergenza

Relazione di calcolo della struttura della scala

SCALA:

-

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

NN1X 00 D 78 CL FV05B0 004 B

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------|--------------|----------|------------|----------|-----------|----------|--|
| A | Emissione Esecutiva | F.Durastanti | Ott-2020 | G.Romano | Ott-2020 | M.D'Avino | Ott-2020 | D.Tiberti Gen-2021 |
| B | Emissione Esecutiva | F.Durastanti | Gen-2021 | G.Romano | Gen-2021 | M.D'Avino | Gen-2021 | ITA FERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Direzione Generale UO Infrastrutture Sud Dott. Ing. Oscar Tiberti Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10876 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

NN1X.0.0.D.78.CL.FV.05.B.0.004.B

n. Elab.:

INDICE

| | |
|--|----|
| 1. PREMESSA..... | 2 |
| 2. DESCRIZIONE DELL'OPERA..... | 3 |
| 3. PROGETTO NUOVI VANI SCALE..... | 4 |
| 3.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 4 |
| 3.2. UNITA' DI MISURA E SIMBOLOGIA | 4 |
| 3.3. MATERIALI..... | 5 |
| 3.4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO..... | 6 |
| 3.5. INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA..... | 7 |
| 4. SEZIONE 1: SEZIONE A "U" | 8 |
| 4.1. GEOMETRIA..... | 9 |
| 4.2. MODELLAZIONE ADOTTATA | 9 |
| 4.3. ANALISI DEI CARICHI..... | 11 |
| 4.4. COMBINAZIONI DI CARICO | 17 |
| 4.5. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI..... | 22 |
| 4.5.1. INVILUPPO SLU/SLV..... | 22 |
| 4.5.2. INVILUPPO SLE (RARA)..... | 26 |
| 4.6. VERIFICHE SLU/SLV/SLE..... | 29 |
| 4.7. ARMATURE DI RIPARTIZIONE | 32 |
| 4.8. RIEPILOGO E INCIDENZA ARMATURE..... | 35 |
| 5. SEZIONE 2 - SEZIONE SCATOLARE | 36 |
| 5.1. GEOMETRIA..... | 36 |
| 5.2. MODELLAZIONE ADOTTATA | 36 |
| 5.3. ANALISI DEI CARICHI..... | 38 |
| 5.4. COMBINAZIONI DI CARICO | 45 |
| 5.5. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI..... | 51 |
| 5.5.1. INVILUPPO SLU/SLV..... | 51 |
| 5.5.2. INVILUPPO SLE (RARA)..... | 55 |
| 5.6. VERIFICHE SLU/SLV/SLE..... | 58 |
| 5.7. ARMATURE DI RIPARTIZIONE | 64 |
| 5.8. RIEPILOGO E INCIDENZA ARMATURE..... | 67 |

1. PREMESSA

Nella presente relazione di calcolo è sviluppato il progetto, ai sensi delle norme attualmente vigenti NTC18, dei muri di sostegno dei vani scale previsti nella stazione d'emergenza della stazione dell' "aeroporto Pontecagnano" di Salerno lungo la linea metropolitana "Salerno-Pontecagnano aeroporto" alla progressiva 8+800.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all'opera.

Si riportano di seguito una sezione longitudinale, una trasversale e uno stralcio planimetrico dello stato di progetto della stazione:

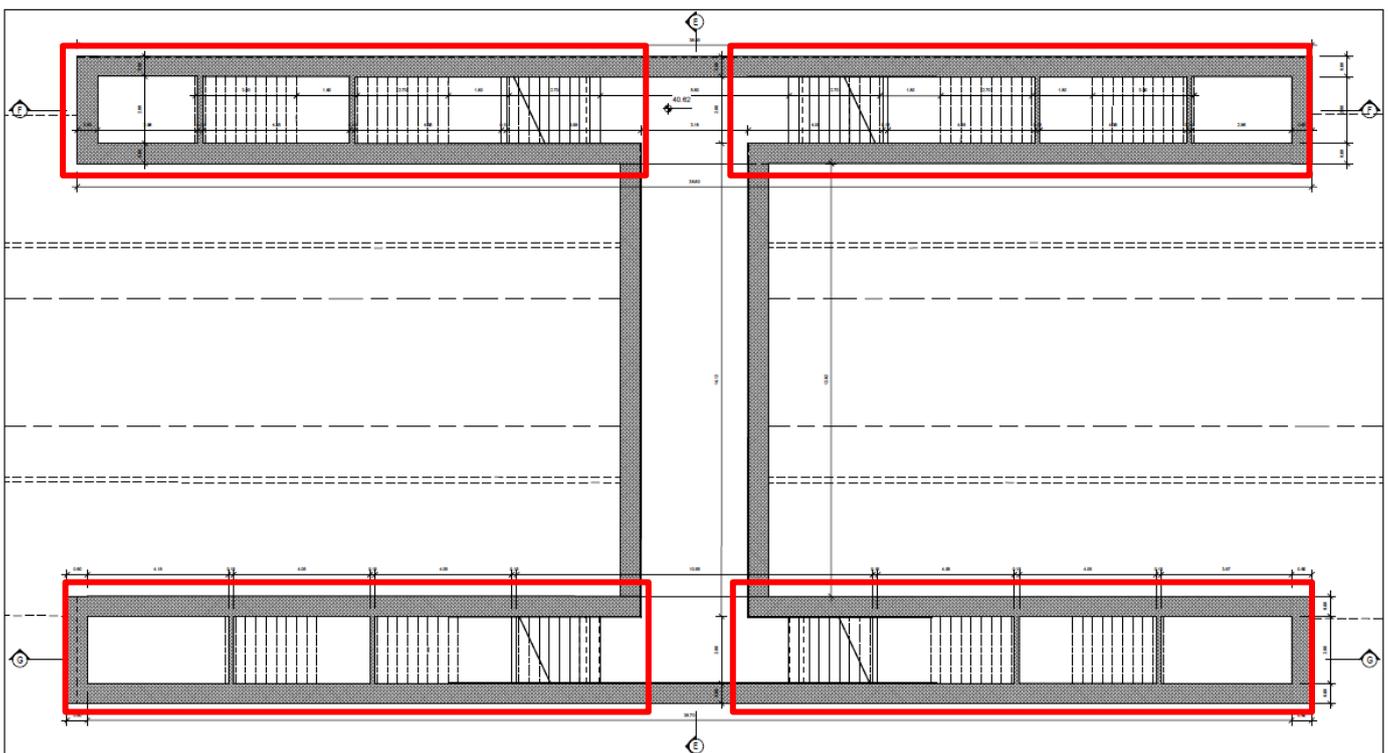


Figura 1a. Planimetria dell'opera con individuazione dei vani scala

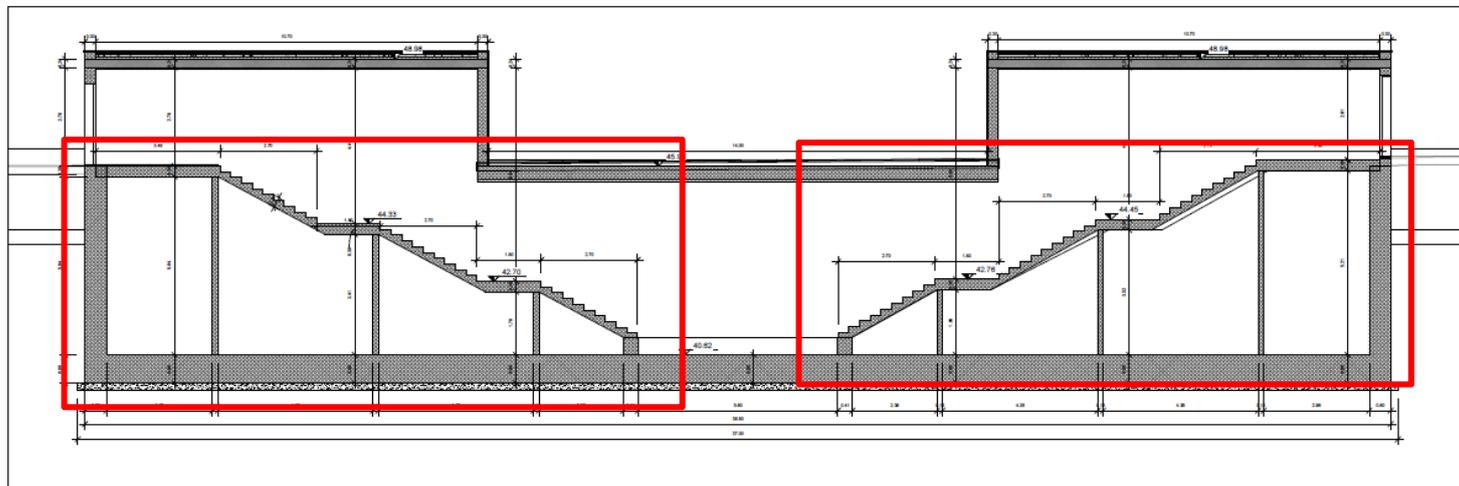


Figura 1b. Sezione longitudinale dell'opera con individuazione dei vani scale

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Nell'ambito del progetto della nuova stazione dell' aeroporto di Salerno è prevista la realizzazione di una stazione d'emergenza posta subito prima della stazione principale. In tale stazione d'emergenza sono previsti quattro vani scale per consentire il raggiungimento del piano dei binari dai sottopassi realizzati al di sotto della linea ferroviaria esistente. Nel seguito si riportano i calcoli necessari al dimensionamento delle strutture che costituiscono tali vani. Inoltre, vista la geometria di tali strutture, si è scelto di dimensionare due sezioni notevoli, una sezione a U in corrispondenza delle parti aperte in sommità (sezione 1 in Figura 2) e una sezione SCATOLARE in corrispondenza delle parti chiuse (sezione 2 in Figura 2).

L'opera ha dimensioni interne $L_{int} \times H_{int}$, con muri di spessore S_p , soletta inferiore di spessore S_f e, ove presente, soletta superiore di spessore S_s . Nel seguito, per entrambe le sezioni notevoli, verrà esaminata una striscia avente lunghezza 1.00 m.:

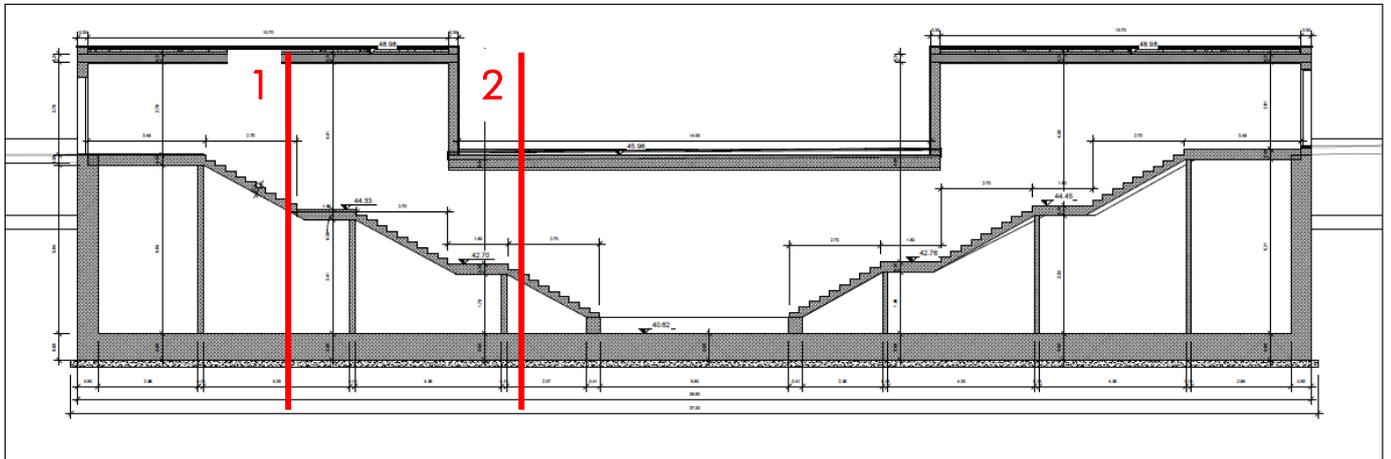


Figura 2. Individuazione sezione dimensionate

3. PROGETTO NUOVI VANI SCALE

Nel presente paragrafo si riportano i calcoli volti alla progettazione delle strutture in oggetto nel rispetto della norma attualmente vigente NTC18.

3.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Tutte le calcolazioni sono state eseguite nel rispetto delle normativa NTC18 attualmente vigente.. In particolare si è fatto riferimento:

[N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);

[N.2]. Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;

[N.3]. Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019

[N.4]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2

[N.5]. RFI DTC SI MA IFS 001 D del 20 dicembre 2019 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili

3.2. UNITA' DI MISURA E SIMBOLOGIA

Si utilizza il Sistema Internazionale (SI):

Unità di misura principali

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

Unità di misura derivate da N

- (kiloNewton) 10^3 N

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) | - |
| ϕ (fi) | angolo di resistenza | (° sessagesimali) | |

3.3. MATERIALI

Per le opere in c.a. si adotta:

Calcestruzzo **C30/37** le cui caratteristiche principali sono:

- Resistenza cilindrica caratteristica: $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione semplice: $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_m$, dove:
 - $\alpha_{cc} = 0.85$ e $\gamma_m = 1.5$;
 - $f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione semplice: $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_m$, dove :
 - $\gamma_m = 1.5$;
 - $f_{ctd} = 1,35 \text{ N/mm}^2$.
- Modulo elastico: $E_c = 32836 \text{ N/mm}^2$.
- Tolleranza di posa del copriferro = **10 mm**;
- Classe di esposizione **XA1**
- Copriferro = **40 mm**

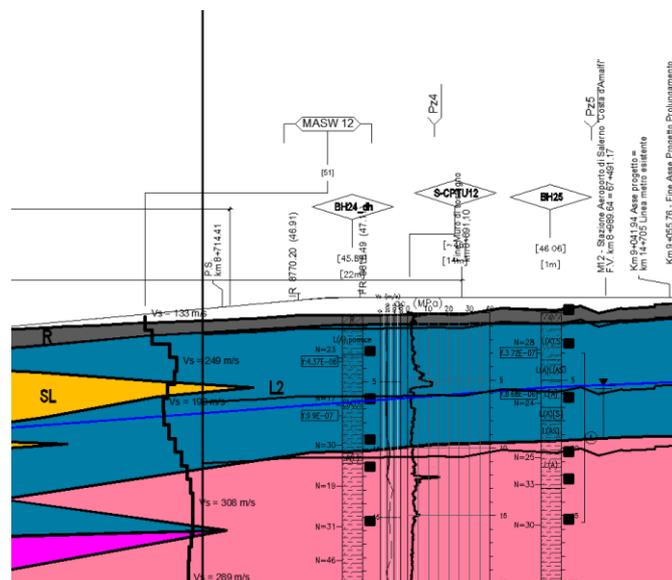
- Condizioni ambientali: **aggressive**
- Apertura fessure limite: **w1 = 0.2 mm**

Acciaio da cemento armato normale **B450C** controllato in stabilimento. Le barre sono ad aderenza migliorata. Le caratteristiche meccaniche sono:

- Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} = 450 \text{ Nmm}^2$
- Resistenza di calcolo dell'acciaio: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ dove:
- $\gamma_s = 1.15$
- $f_{yd} = 391 \text{ Nmm}^2$
- Allungamento **D1 > 12%**
- Modulo di elasticità: **$E_s = 206000 \text{ Nmm}^2$**
- Sovrapposizioni barre **$\geq 40\varphi$**

3.4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Si riporta di seguito la stratigrafia in corrispondenza della zona di riferimento:



Per l'inquadramento geotecnico si fa riferimento alla relazione geotecnica, della quale si riportano gli stralci significativi del profilo geotecnico e dei parametri geotecnici del terreno di fondazione, del rinterro e del rinfiango.

Lo strato significativo del profilo geotecnico è l'unità
la cui descrizione nella relazione geotecnica è:

3)L2

Limo media consistenza

| | | |
|------------------------------|------------|------------------------|
| Peso specifico terreno | γ_t | 18.0 kN/m ³ |
| angolo d'attrito terreno | ϕ | 22.0 [°] |
| coesione efficace terreno | c' | 10.0 kN/m ² |
| coesione non drenata terreno | c_u | 45.0 kN/m ² |

I parametri geotecnici del rinterro e del terreno di rinfiango sono i seguenti:

| | | | | |
|--|-------------|------------|------------------------|-------------|
| Peso specifico rinterro | FERROVIARIO | γ_t | 20.0 kN/m ³ | |
| angolo di attrito rinterro | | ϕ' | 38.0 [°] | 0.663 [rad] |
| coesione rinterro | | c_u | 0.0 kN/m ² | |
| Peso specifico terreno di rinfiango | | γ_t | 18.0 kN/m ³ | |
| angolo di attrito terreno di rinfiango | | ϕ' | 22.0 [°] | 0.384 [rad] |
| coesione terreno di rinfiango | | c_u | 45.0 kN/m ² | |

FALDA

| | | |
|----------------------|------------|-------------------------|
| Quota falda dal p.c. | q_w | 7.85 m |
| Peso specifico | γ_w | 10.00 kN/m ³ |

3.5. INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA

Per la determinazione della costante di sottofondo si può fare riferimento alle seguenti formulazioni assimilando il comportamento del terreno a quello di un mezzo elastico omogeneo:

$$s = B \cdot ct \cdot (q - \sigma_v0) \cdot (1 - \nu^2) / E'_{op}$$

dove:

- s = cedimento elastico totale;
- B = lato minore della fondazione;
- ct = coefficiente adimensionale di forma ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960 (L = lato maggiore della fondazione):

$$ct = 0.853 + 0.534 \ln(L / B) \text{ rettangolare con } L / B \leq 10$$

$$ct = 2 + 0.0089 (L / B) \text{ rettangolare con } L / B > 10$$

- q = pressione media agente sul terreno;
- σ_v0 = tensione litostatica verticale alla quota di posa della fondazione;
- ν = coefficiente di Poisson del terreno;
- E'_{op} = modulo elastico operativo del terreno sottostante.

Il valore della costante di sottofondo kw è valutato attraverso il rapporto tra il carico applicato ed il corrispondente cedimento pertanto, si ottiene:

$$kw = E'_{op} / [(1 - \nu^2) \cdot B \cdot ct]$$

Di seguito si riportano in forma tabellare i risultati delle valutazioni effettuate per il caso in esame, avendo considerato per E'_{op} il valore minimo tra quelli indicati per l'Unità Geotecnica in esame ed una dimensione longitudinale della fondazione ritenuta potenzialmente collaborante nella diffusione dei carichi:

| | |
|---------------------------------------|--|
| Unità stratigrafica | 3)L2 |
| Descrizione unità stratigrafica | Limo media consistenza |
| Modulo elastico medio terreno | E'_{op} 40000 kN/m ² (il minore tra i valori proposti) |
| Coefficiente di Poisson medio terreno | ν 0.3 |
| Lato minore della fondazione | B 3.2 m |
| Lato maggiore della fondazione | L 16.1 m |
| Rapporto dei lati | L/B 5.0 |
| Coefficiente adimensionale | ct 1.716 |
| Costante di sottofondo | Kw 8006 kN/m ³ |

4. SEZIONE 1: SEZIONE A "U"

4.1. GEOMETRIA

| | | | |
|---------------------|------------------|---------------|--|
| Larghezza utile | Lint | 2.00 m | <i>luce interna scatolare</i> |
| Altezza libera | H _{int} | 5.35 m | <i>altezza interna scatolare</i> |
| Spessore piedritti | Sp | 0.60 m | <i>(consigliato: Sp = S_s)</i> |
| Spessore fondazione | Sf | 0.80 m | <i>(consigliato: Sf = S_s + 10cm.)</i> |
| Larghezza totale | L _{tot} | 3.20 m | <i>L_{int} + 2 × S_{Pp}</i> |
| Altezza totale | H _{tot} | 6.15 m | <i>H_{int} + S_{P_s} + S_{P_f}</i> |

4.2. MODELLAZIONE ADOTTATA

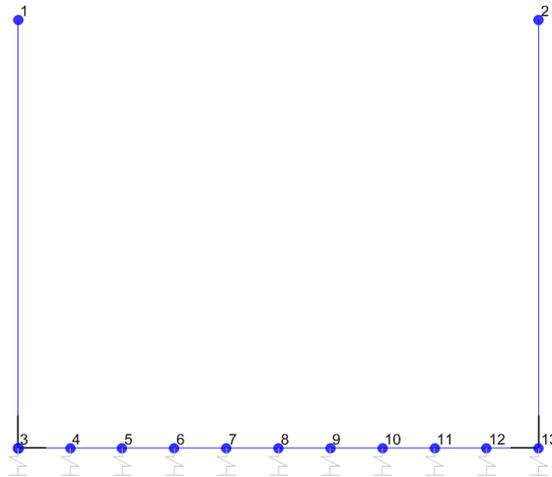
Il modello di calcolo attraverso il quale viene schematizzata la struttura è quello di telaio chiuso su letto di molle alla Winkler. Il programma di calcolo utilizzato è un programma ad elementi finiti, il Sap 2000.

Le caratteristiche delle aste modellate con elementi frame sono le seguenti:

| <i>asta</i> | <i>base</i> | <i>altezza</i> | <i>descrizione</i> |
|-------------|-------------|----------------|---------------------|
| Asta 1 | 100 cm | 80 cm | (soletta inferiore) |
| Aste 2, 4 | 100 cm | 60 cm | (Piedritti) |

Le caratteristiche geometriche del modello e le coordinate dei nodi sono le seguenti:

| | |
|-------------|-----------|
| Linterasse | 2.60 m |
| Hinterasse | 5.75 m |
| N.nodi | 13 |
| N.nodi sup | 2 |
| N.nodi inf | 11 |
| N.spazi inf | 10 |



| Nodo | X | Z |
|------|-------|-------|
| 1 | 0.000 | 5.750 |
| 2 | 2.600 | 5.750 |
| 3 | 0.000 | 0.000 |
| 4 | 0.260 | 0.000 |
| 5 | 0.520 | 0.000 |
| 6 | 0.780 | 0.000 |
| 7 | 1.040 | 0.000 |
| 8 | 1.300 | 0.000 |
| 9 | 1.560 | 0.000 |
| 10 | 1.820 | 0.000 |
| 11 | 2.080 | 0.000 |
| 12 | 2.340 | 0.000 |
| 13 | 2.600 | 0.000 |

Figura 3. Numerazione nodi modello SAP

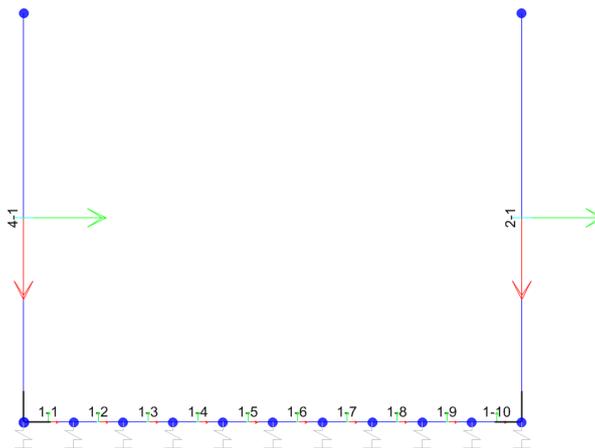


Figura 4: Individuazione elementi modello SAP

L'opera è stata considerata vincolata alla base mediante dei vincoli cedevoli in funzione delle caratteristiche elastiche del terreno di sottofondo.

La soletta inferiore viene divisa in 10 elementi per poter schematizzare, tramite le molle applicate, l'interazione terreno-struttura. Per la rigidità delle molle, nel il caso in esame, si assume il valore del Modulo di reazione verticale desunto dai parametri della relazione geotecnica:

Rigidità molle nodali SAP

| | | |
|-----------------------------|----------------------|-------------------------------|
| ks | | 8006 kN/m ³ |
| nodii centrali (6,7,8,9,10) | | |
| Linfl | | 0.260 m |
| Kcentrale | ks x Linfl x 1 | 2082 kN/m |
| nodii intermedi (4,5,11,12) | | |
| Linfl | | 0.260 m |
| Kintermedio | 1,5 x ks x Linfl x 1 | 3122 kN/m |
| nodii estremità (3,13) | | |
| Linfl | | 0.430 m |
| Kestremità | 2,0 x ks x Linfl x 1 | 6885 kN/m |

4.3. ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

Peso proprio della struttura (condizione DEAD)

Il peso proprio delle solette e dei piedritti viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il calcestruzzo $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$.

| | | | |
|------------------------------------|----------------|-------|---|
| Peso specifico calcestruzzo armato | γ_{cls} | 25 | kN/m^3 |
| peso singolo piedritto | P_p | 15.00 | kN/m $\gamma_{cls} \times S_p$ |
| peso fondazione | P_{sf} | 20.00 | kN/m $\gamma_{cls} \times S_f$ |

Spinta del terreno (condizioni SPTSX e SPTDX)

| | | | | | |
|--|----------------|-------|-----------------|---|-------|
| angolo di attrito rinterro | \varnothing' | 38.0 | [°] | 0.663 | [rad] |
| coefficiente spinta attiva k_a | k_a | 0.238 | | $(1 - \text{sen}\varnothing) / (1 + \text{sen}\varnothing)$ | |
| coefficiente spinta riposo k_o | k_o | 0.384 | | $(1 - \text{sen}\varnothing)$ | |
| coefficiente spinta passiva k_p | k_p | 4.204 | | $(1 + \text{sen}\varnothing) / (1 - \text{sen}\varnothing)$ | |
| Pressione asse soletta superiore | P_2 | 0.00 | kN/m^2 | $Z=0$ | |
| Pressione asse soletta inferiore | P_3 | 44.20 | kN/m^2 | $k_o \times \gamma_t \times (H_{int} + S_f / 2)$ | |
| Pressione intradosso soletta inferiore | P_4 | 47.27 | kN/m^2 | $k_o \times (P_b + P_r + P_m + \gamma_r \times H_{tot})$ | |
| Forza concentrata asse soletta inferiore | F_2 | 18.29 | kN/m | $(P_3 + P_4) / 2 \times S_f / 2$ | |

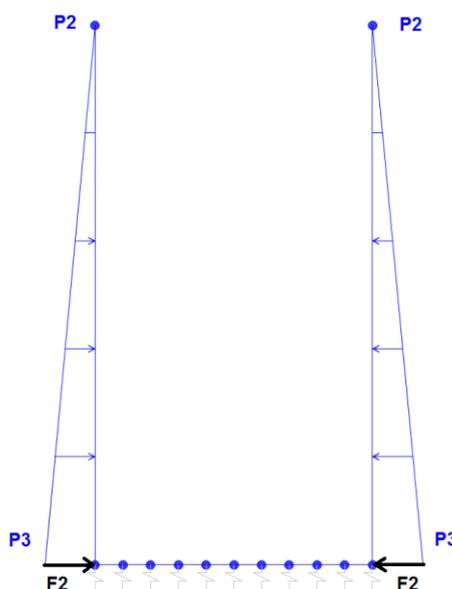


Figura 6. Condizione di carico SPTSX-SPTDX da SAP2000

Il carico concentrato nel nodo 3 (per la SPTSX) oppure 13 (per la SPTDX) rappresentano la parte di spinta del terreno esercitata su 1/2 spessore della soletta inferiore.

Carichi accidentali, ripartizione carichi verticali (condizione ACCM)

Il carico del treno di riferimento è il più gravoso tra LM71 e SW/2.

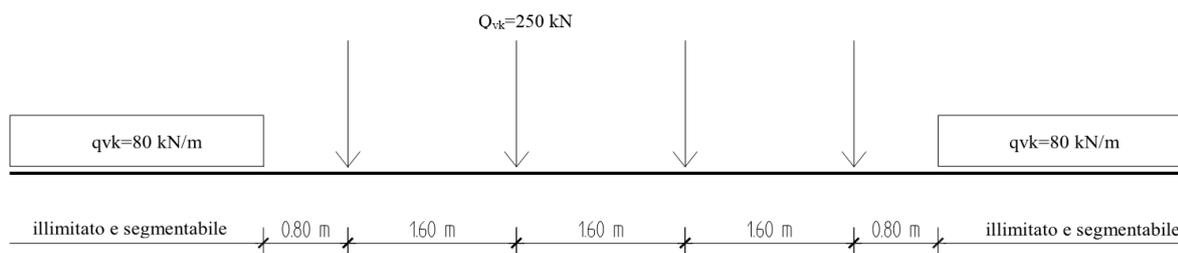


Figura 7. Treno LM71

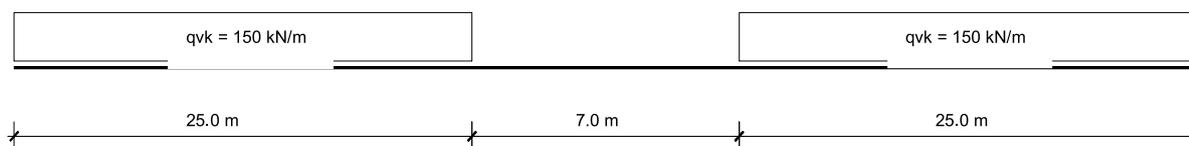


Figura 8. Treno SW/2

In funzione delle caratteristiche geometriche dell'opera risulta più sfavorevole il carico dovuto al treno SW/2 rispetto al carico dovuto al treno LM 71. Nei calcoli pertanto sarà utilizzato il valore del SW2.

CARICO TRENO (ACCMSW/02)

Carico distribuito per treno SW/2

q 150.00 kN/m

Larghezza di diffusione del carico

L_d 3.00 m

Carico distribuito per treno SW/2 diffuso

q_v 50.00 kN/m²

Inoltre si considera il carico accidentale dovuto alla strada adiacente

CARICO STRADALE (ACCMSTRAD)

Carico stradale

q' 20.00 kN/m²

Spinta sui piedritti prodotta dal sovraccarico (condizioni SPACCSXSW/02)

| | | | |
|---|---------|-------------------------|-----------------------|
| Carico distrib treno SW/2 su piedritto sx | SQ1sw02 | 19.22 kN/m ² | $q_n \times K_o$ |
| spinta semispessore soletta inferiore | Fq1inf | 7.69 kN/m | $SPQ1 \times SPi / 2$ |

Spinta sui piedritti prodotta dal sovraccarico (condizioni SPACCDXSTRAD)

| | | | |
|---|----------|------------------------|-----------------------|
| Carico distrib treno SW/2 su piedritto sx | SQ1strad | 7.69 kN/m ² | $q_n \times K_o$ |
| spinta semispessore soletta inferiore | Fq1inf | 3.07 kN/m | $SPQ1 \times SPi / 2$ |

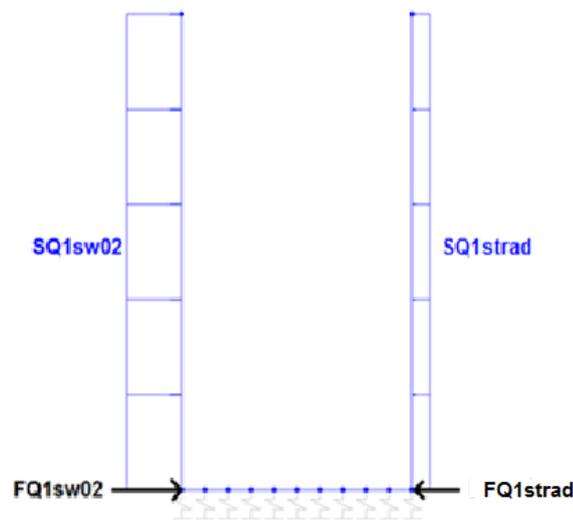


Figura 9. Condizione di carico SPACCSXSW/02 e SPACCDXstrad da SAP2000

Il carico accidentale dovuto alla presenza del treno agisce su un solo lato del vano scala, sul lato opposto è prevista la presenza di una strada, ragion per cui il carico accidentale applicato sui due muri laterali è differente (vedi figura 9). Per meglio comprendere la configurazione degli spazi costituenti la stazione e limitrofi si rimanda ai relativi elaborati grafici.

CONDIZIONI DI CARICO SISMICHE

Per il calcolo dell'azione sismica si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k . Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

Forza sismica orizzontale $F_h = k_h * W$

Forza sismica verticale $F_v = k_v * W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v

$$k_h = a_{max} / g$$

$$k_v = \pm 0,5 \times k_h$$

Con riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale, ai fini del calcolo dell'azione sismica secondo il DM 17/01/2018 viene assegnata all'opera una vita nominale V_N ed una classe d'uso C_U ; segue un periodo di riferimento $V_R = V_N * C_U$.

A seguito di tale assunzione si ottiene allo stato limite ultimo SLV in funzione della Latitudine e Longitudine del sito in esame un valore dell'accelerazione pari ad a_g , il cui valore è di seguito riportato, come desunto anche dalla relazione geotecnica.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima per la determinazione delle forze di inerzia può essere valutata con la relazione:

$$a_{max} = S * a_g = S_s * S_t * a_g$$

*Le forze di inerzia sullo **scatolare** (masse di peso proprio soletta superiore e piedritti, rinterro e ballast, 20% treno di carico,..) sono pari alle masse moltiplicate per k_h e k_v ove: $k_h = \beta M x S x a_g / g$ e $k_v = k_h / 2$. Essendo lo scatolare non libero di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, $\beta M = 1$.*

| | | |
|---|----------|------------|
| vita nominale | V_N | 75 anni |
| classe d'uso | CL | III |
| coefficiente d'uso | C_U | 1.50 |
| vita di riferimento = $C_U * V_N$ | V_R | 112.5 anni |
| probabilità di superamento nel periodo di riferimento | P_{VR} | 10% |
| periodo di ritorno del sisma | T_R | 1068 anni |

Spettro di risposta in accelerazione della componente orizzontale

Coordinate del sito in oggetto:

| | |
|-------------|----------|
| Latitudine | 40.62432 |
| Longitudine | 14.92286 |

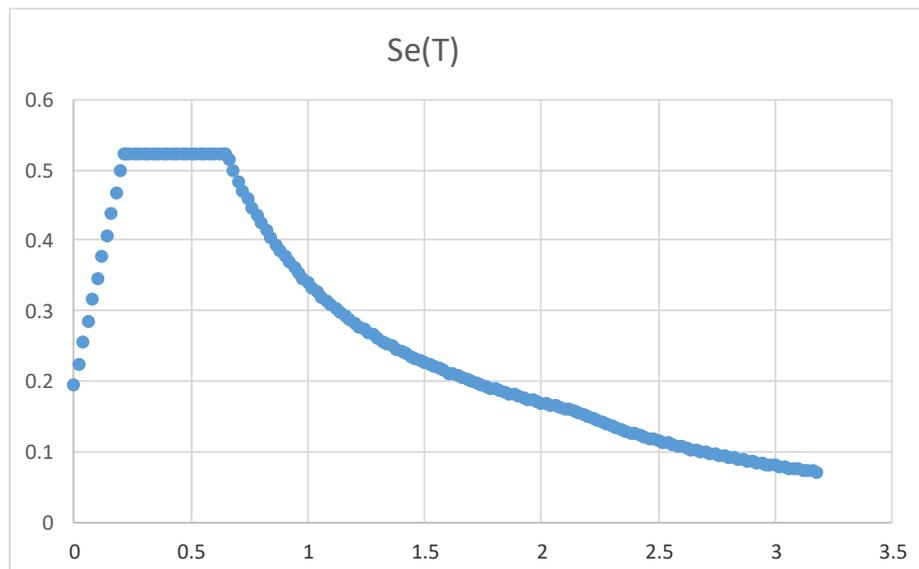
Parametri sismici di progetto

| | | |
|---|----------------|-----------|
| accelerazione massima orizzontale al bedrock | ago | 0.130 g |
| fattore amplificazione massima spettro accelerazione | Fo | 2.702 sec |
| periodo inizio tratto a velocità costante spettro acc. orizz. | T*c | 0.487 |
| categoria sottosuolo | | C |
| categoria topografica | | T1 |
| amplificazione topografica | S _T | 1.000 |
| smorzamento viscoso convenzionale | ξ | 5% |
| fattore di correzione per ξ <> 5% | η | 1.000 |

| Tab.3.2.V | S _S | C _C | S _S | C _C |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| A | 1.00 | 1.00 | 1.49 | 1.33 |
| B | 1.20 | 1.27 | | |
| C | 1.49 | 1.33 | | |
| D | 1.80 | 1.79 | | |
| E | 1.60 | 1.53 | | |

| | | |
|---|----------------|----------------|
| coefficiente amplificazione stratigrafica | S _S | 1.489 |
| coefficiente di amplificazione | S | 1.489 |
| coefficiente categoria sottosuolo | C _C | 1.331 |
| periodo inizio tratto a accelerazione costante = T _c / 3 | T _B | 0.216 sec |
| periodo inizio tratto a velocità costante = C _c * T*c | T _C | 0.648 sec |
| periodo inizio tratto a spostamento costante = 4 * ag/g + 1,6 | T _D | 2.120 sec |
| accelerazione massima orizzontale al suolo = S _s x S _t x ag/g | ago,max | 0.194 g |

SPETTRO ORIZZONTALE ELASTICO SLV



Accelerazioni per il calcolo delle forze di inerzia agenti sullo struttura

| | | |
|---|-------------------------------|-----------------------------|
| Coefficiente di riduzione dell'acc max attesa al sito | β | 1.000 |
| $a_o = k_h = a_{go,max} = S \times a_g/g$ | valore $PGA \times$ scatolare | $a_o = k_h$ 0.1936 g |
| $a_v = k_v = k_h / 2$ | valore $PGA \times$ scatolare | $a_v = k_v$ 0.0968 g |

Forze di inerzia (condizione SismaH)

| | | |
|--|---------|--|
| Forza di inerzia treno di carico - (%) | % | 20% |
| Forza orizzontale su singolo piedritto | F''_h | 2.90 kN/m ² $P_p \times k_b$ |

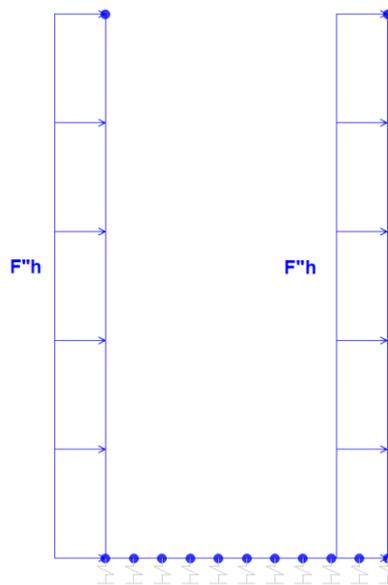


Figura 10. Condizione di carico SismaH e SismaV da SAP2000

Spinta sismica terreno - Teoria di WOOD (condizioni SPSDX e SPSSX)

| | | | |
|---|--------------|--------------------------------|---|
| Forza distribuita sul piedritti dx | qW_{dx} | 27.69 kN/m ² | $(\gamma_r \times H_{tot} + q') \times (a_{go,max})$ |
| Forza distribuita sul piedritti sx | qW_{sx} | 25.75 kN/m ² | $(\%q_v + \gamma_r \times H_{tot}) \times (a_{go,max})$ |
| Forza concentrata nodo inferiore piedritto dx | QW_{dxinf} | 11.07 kN | $qW \times S_f / 2$ |
| Forza concentrata nodo inferiore piedritto sx | QW_{sxinf} | kN | $qW \times S_f / 2$ |

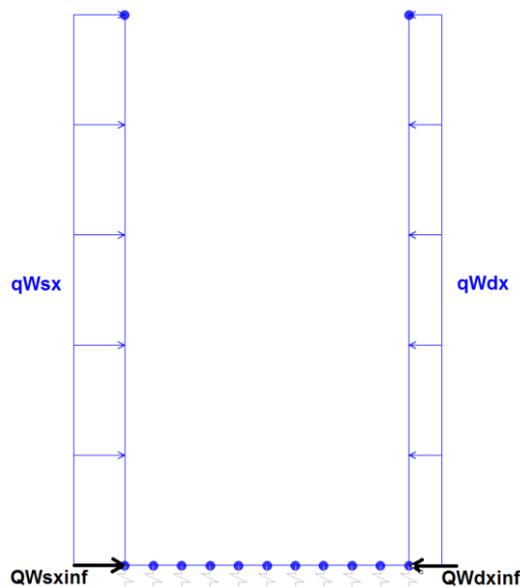


Figura 11. Condizione di carico SPSDX e SPSSX da SAP2000

Per i medesimi motivi spiegati per le condizioni di carico SPACCSXSW/02 e SPACCDXSTRAD, come visibile in Figura 11, il carico sismico calcolato in accordo con la teoria di Wood risulta non simmetrico.

4.4. COMBINAZIONI DI CARICO

Gli effetti dei carichi verticali, dovuti alla presenza dei convogli, vengono sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti di cui alla Tabella 5.2.IV del DM 17/01/2018 di seguito riportata. In particolare, per ogni gruppo viene individuata una azione dominante che verrà considerata per intero; per le altre azioni, vengono definiti diversi coefficienti di combinazione. Ogni gruppo massimizza una particolare condizione alla quale la struttura dovrà essere verificata.

Tab. 5.2.III - Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte

| Numero di binari | Binari Carichi | Traffico normale | | Traffico pesante ⁽²⁾ |
|------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|
| | | caso a ⁽¹⁾ | caso b ⁽¹⁾ | |
| 1 | Primo | 1,0 (LM 71''+"SW/0) | - | 1,0 SW/2 |
| | Primo | 1,0 (LM 71''+"SW/0) | - | 1,0 SW/2 |
| 2 | secondo | 1,0 (LM 71''+"SW/0) | - | 1,0 (LM 71''+"SW/0) |
| | Primo | 1,0 (LM 71''+"SW/0) | 0,75 (LM 71''+"SW/0) | 1,0 SW/2 |
| ≥3 | secondo | 1,0 (LM 71''+"SW/0) | 0,75 (LM 71''+"SW/0) | 1,0 (LM 71''+"SW/0) |
| | Altri | - | 0,75 (LM 71''+"SW/0) | - |

⁽¹⁾ LM71 ''+" SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

⁽²⁾ Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

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

I valori campiti in grigio rappresentano l'azione dominante.

Nelle tabelle sopra riportate è indicato un coefficiente per gli effetti a sfavore di sicurezza e, tra parentesi, un coefficiente, minore del precedente, per gli effetti a favore di sicurezza.

In fase di combinazione, ai fini delle verifiche degli SLU e SLE per la verifica delle tensioni, si sono considerati i soli Gruppo 1 e 3, mentre per la verifica a fessurazione è stato utilizzato il Gruppo 4. Nella tabella 5.2.III vengono riportati i carichi da utilizzare in caso di impalcati con due, tre o più binari carichi.

I Gruppi definiscono le azioni che nelle diverse combinazioni sono generalmente definite come Q_{ki}.

I coefficienti di amplificazione dei carichi g e i coefficienti di combinazione sono riportati nelle tabelle seguenti.

In particolare nel calcolo della struttura scatolare si fa riferimento alla combinazione A1 STR.

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_{Ced} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevole | | 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.

⁽²⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio 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 validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

⁽⁵⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁶⁾ 1,20 per effetti locali

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 |
| Gruppi di carico | gr_1 | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| | gr_2 | 0,80 ⁽²⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | - |
| | gr_3 | 0,80 ⁽²⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| | gr_4 | 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 | 0,80 | 0,0 | 0,0 |
| | SLU e SLE | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Azioni termiche | T_k | 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.

Le azioni descritte nel paragrafo precedente ed utilizzate nelle combinazioni di carico vengono di seguito riassunte:

| | |
|---|--------------|
| Peso proprio | DEAD |
| Spinta del terreno sulla parete sinistra | SPTSX |
| Spinta del terreno sulla parete destra | SPTDX |
| Spinta del carico acc. (SW/2) sulla parete Sx | SPACCSXSW/02 |
| Spinta del carico acc. (Q) sulla parete Sx | SPACCSXSTRAD |
| Azione sismica orizzontale | Sisma H |
| Incremento sismico della spinta sul terreno | SPSDX/SX |

Si riportano di seguito le combinazioni allo SLU di carico ritenute più significative in base all'esperienza.

Combinazione fondamentale:

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

Nelle tabelle seguenti sono riportate le combinazioni di carico SLU, SLV e SLE utilizzate.

| Combinazioni di carico SLU (non sismiche) | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | 1slu | 2slu | 3slu | 4slu | 5slu | 6slu | 7slu | 8slu | 9slu |
| DEAD | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| SPTSX | 1 | 1 | 1 | 1 | 1.35 | 1 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| SPTDX | 1 | 1 | 1 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1 | 1 | 1 |
| SPACCSXSW/2 | 1.45 | 0 | 0 | 1.45 | 1.45 | 1.45 | 1.45 | 1.16 | 1.015 |
| SPACCSXSTRAD | 1.35 | 0 | 0 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0.945 | 0.945 |

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

| Combinazioni di Carico Sismiche | | | |
|---------------------------------|-------|-------|-------|
| | sism1 | sism2 | sism3 |
| DEAD | 1 | 1 | 1 |
| SPTSX | 1 | 1 | 1 |
| SPTDX | 1 | 1 | 1 |
| SPACCSXSW/2 | 0.2 | 0 | 0.2 |
| SPACCSXSTRAD | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| Sisma H | 1 | 1 | 1 |
| SPSDX | 0 | 0 | 1 |
| SPSSX | 1 | 1 | 0 |

Si riportano infine, le combinazioni di carico agli stati limite di esercizio SLE ritenute più significative.

Combinazione rara

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

| Combinazioni di carico SLE | | |
|----------------------------|------|------|
| | 1sle | 2sle |
| DEAD | 1 | 1 |
| SPTSX | 1 | 1 |
| SPTDX | 0.8 | 0.8 |
| SPACCSXSW/2 | 0.8 | 0 |
| SPACCSXSTRAD | 0.75 | 0 |

4.5. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI

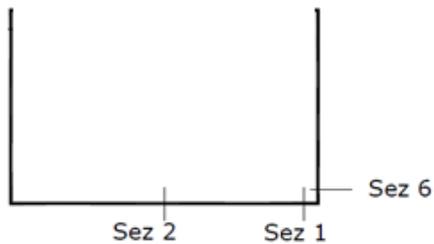
4.5.1. Inviluppo SLU/SLV

| USCITA SAP - INVILUPPO SLU SLV | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------|--------------|-------------|----------|----|------|---------|--------|
| Text | m | Text | Text | Text | KN | KN | KN-m | |
| Frame | Station | OutputCase | CaseType | StepType | P | V2 | M3 | |
| 1 | 0.26 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 233.69 | 754.14 |
| 1 | 0.37 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 235.88 | 738.66 |
| 1 | 0.48 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 238.06 | 722.85 |
| 1 | 0.59 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 261.34 | 707.17 |
| 1 | 0.70 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 263.53 | 691.43 |
| 1 | 0.81 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 270.68 | 675.61 |
| 1 | 0.92 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 272.86 | 660.19 |
| 1 | 1.03 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 275.05 | 644.45 |
| 1 | 1.14 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 273.16 | 629.65 |
| 1 | 1.25 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 275.35 | 614.71 |
| 1 | 1.35 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 264.46 | 600.42 |
| 1 | 1.46 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 266.65 | 586.77 |
| 1 | 1.57 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 246.83 | 573.09 |
| 1 | 1.68 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 249.01 | 561.19 |
| 1 | 1.79 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 251.20 | 563.49 |
| 1 | 1.90 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 222.47 | 580.54 |
| 1 | 2.01 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 224.66 | 597.43 |
| 1 | 2.12 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 167.19 | 613.96 |
| 1 | 2.23 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 169.37 | 630.03 |
| 1 | 2.34 | ENVELOPE SLU | Combination | Max | | 0.00 | 171.56 | 645.87 |
| 1 | 0.26 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -81.31 | 227.08 |
| 1 | 0.37 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -79.12 | 222.41 |
| 1 | 0.48 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -76.93 | 217.43 |
| 1 | 0.59 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -116.44 | 213.89 |
| 1 | 0.70 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -114.25 | 211.08 |
| 1 | 0.81 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -135.01 | 208.43 |
| 1 | 0.92 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -132.82 | 206.88 |
| 1 | 1.03 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -130.64 | 205.00 |
| 1 | 1.14 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -146.49 | 204.46 |
| 1 | 1.25 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -144.30 | 203.84 |
| 1 | 1.35 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -155.21 | 203.84 |
| 1 | 1.46 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -153.02 | 204.46 |
| 1 | 1.57 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -158.92 | 205.00 |
| 1 | 1.68 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -156.74 | 206.88 |
| 1 | 1.79 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -154.55 | 208.43 |
| 1 | 1.90 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -155.40 | 211.08 |
| 1 | 2.01 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -153.21 | 213.89 |
| 1 | 2.12 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -147.92 | 217.43 |
| 1 | 2.23 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -145.73 | 222.41 |
| 1 | 2.34 | ENVELOPE SLU | Combination | Min | | 0.00 | -143.54 | 221.94 |

Muri scala Stazione d'emergenza Aeroporto
(pk 8+800): Relazione di calcolo

| | | | | | |
|-----------------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| COMMESSA NN1 | LOTTO 1 0 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO FV.05.B.0.004 | REV. B | FOGLIO 23 di 67 |
|-----------------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|

| | | | | | | |
|---|------|-----------------------------------|-----|---------|---------|---------|
| 2 | 0.00 | ENVELOPE SLU Σ Combination | Max | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 2.68 | ENVELOPE SLU Σ Combination | Max | -40.11 | 98.07 | -14.15 |
| 2 | 5.35 | ENVELOPE SLU Σ Combination | Max | -80.23 | 251.15 | -154.68 |
| 2 | 0.00 | ENVELOPE SLU Σ Combination | Min | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 2.68 | ENVELOPE SLU Σ Combination | Min | -54.15 | 19.75 | -118.91 |
| 2 | 5.35 | ENVELOPE SLU Σ Combination | Min | -108.31 | 94.50 | -573.74 |
| 4 | 0.00 | ENVELOPE SLU Σ Combination | Max | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 2.68 | ENVELOPE SLU Σ Combination | Max | -40.11 | -27.50 | 140.78 |
| 4 | 5.35 | ENVELOPE SLU Σ Combination | Max | -80.23 | -110.01 | 663.69 |
| 4 | 0.00 | ENVELOPE SLU Σ Combination | Min | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 2.68 | ENVELOPE SLU Σ Combination | Min | -54.15 | -114.42 | 24.52 |
| 4 | 5.35 | ENVELOPE SLU Σ Combination | Min | -108.31 | -297.61 | 196.18 |



| SEZIONE | P | V2 | M3 |
|---------|-------|-------|-------|
| 01 | 0.0 | 275.3 | 754.1 |
| 02 | 0.0 | 0.0 | 203.8 |
| 06 | -80.2 | 297.6 | 663.7 |

Muri scala Stazione d'emergenza Aeroporto
(pk 8+800): Relazione di calcolo

COMMESSA
NN1

LOTTO
1 0 D 78

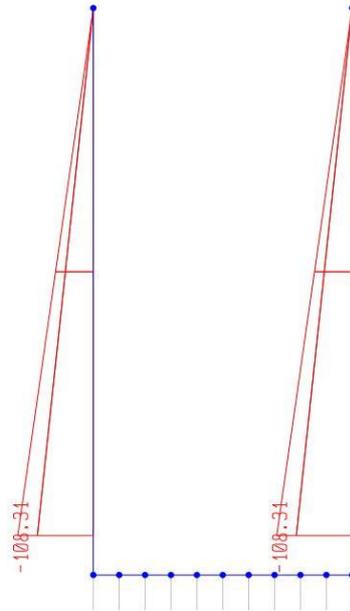
CODIFICA
CL

DOCUMENTO
FV.05.B.0.004

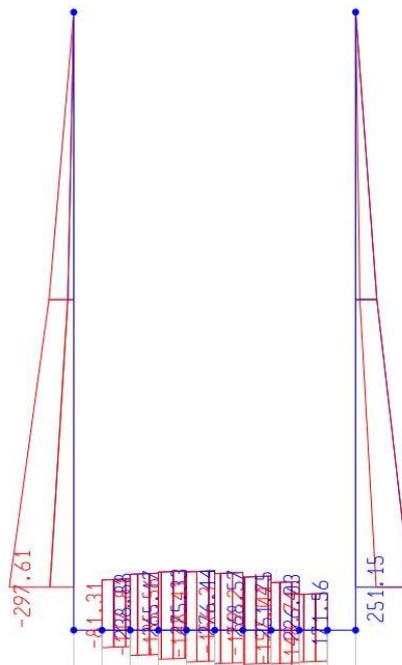
REV.
B

FOGLIO
24 di 67

Diagrammi di involuppo delle sollecitazioni: ENVELOPE SLU/SLV



Sforzo normale



Taglio

Muri scala Stazione d'emergenza Aeroporto
(pk 8+800): Relazione di calcolo

COMMESSA
NN1

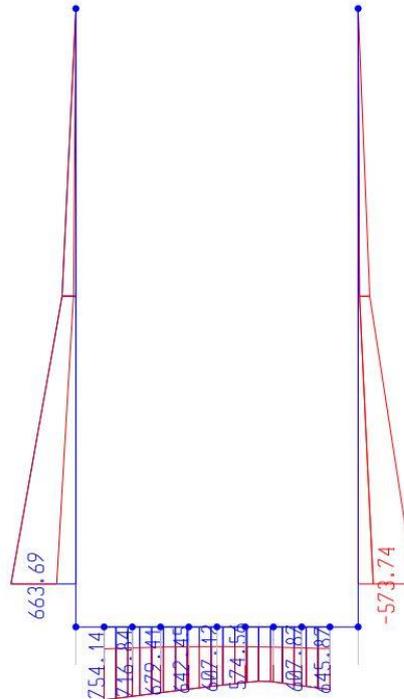
LOTTO
1 0 D 78

CODIFICA
CL

DOCUMENTO
FV.05.B.0.004

REV.
B

FOGLIO
25 di 67



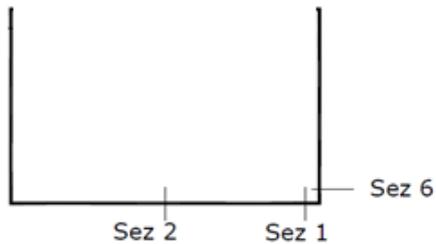
4.5.2. Inviluppo SLE (rara)

| USCITA SAP - INVILUPPO SLE | | | | | | | | |
|----------------------------|--------------|--------------------|------------------|------------------|---------|----------|------------|--|
| Text Frame | m Station | Text OutputCase | Text CaseType | Text StepType | KN P | KN V2 | KN-m M3 | |
| 1 | 0.26 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 101.60 | 471.94 | |
| 1 | 0.37 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 103.79 | 460.70 | |
| 1 | 0.48 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 105.98 | 449.22 | |
| 1 | 0.59 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 103.00 | 437.85 | |
| 1 | 0.70 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 105.19 | 426.45 | |
| 1 | 0.81 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 100.71 | 415.00 | |
| 1 | 0.92 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 102.90 | 403.85 | |
| 1 | 1.03 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 105.09 | 392.47 | |
| 1 | 1.14 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 97.42 | 381.79 | |
| 1 | 1.25 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 99.61 | 371.00 | |
| 1 | 1.35 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 88.79 | 360.69 | |
| 1 | 1.46 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 90.98 | 350.85 | |
| 1 | 1.57 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 77.05 | 340.99 | |
| 1 | 1.68 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 79.24 | 332.44 | |
| 1 | 1.79 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 81.43 | 323.64 | |
| 1 | 1.90 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 64.42 | 316.19 | |
| 1 | 2.01 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 66.61 | 309.01 | |
| 1 | 2.12 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 35.46 | 302.97 | |
| 1 | 2.23 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 37.65 | 298.97 | |
| 1 | 2.34 | ENVELOPE SLER | Combination | Max | 0.00 | 39.84 | 294.73 | |
| 1 | 0.26 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | 47.41 | 228.11 | |
| 1 | 0.37 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | 49.60 | 222.80 | |
| 1 | 0.48 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | 51.79 | 217.25 | |
| 1 | 0.59 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | 38.15 | 212.55 | |
| 1 | 0.70 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | 40.34 | 208.25 | |
| 1 | 0.81 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | 31.18 | 204.03 | |
| 1 | 0.92 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | 33.37 | 200.49 | |
| 1 | 1.03 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | 35.56 | 196.72 | |
| 1 | 1.14 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | 25.63 | 193.87 | |
| 1 | 1.25 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | 27.82 | 190.94 | |
| 1 | 1.35 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | 17.13 | 188.48 | |
| 1 | 1.46 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | 19.31 | 186.49 | |
| 1 | 1.57 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | 7.89 | 184.44 | |
| 1 | 1.68 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | 10.08 | 183.46 | |
| 1 | 1.79 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | 12.26 | 182.23 | |
| 1 | 1.90 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | 0.12 | 181.95 | |
| 1 | 2.01 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | 2.31 | 181.82 | |
| 1 | 2.12 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | -18.05 | 182.37 | |
| 1 | 2.23 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | -15.86 | 184.22 | |
| 1 | 2.34 | ENVELOPE SLER | Combination | Min | 0.00 | -13.67 | 185.84 | |

Muri scala Stazione d'emergenza Aeroporto
(pk 8+800): Relazione di calcolo

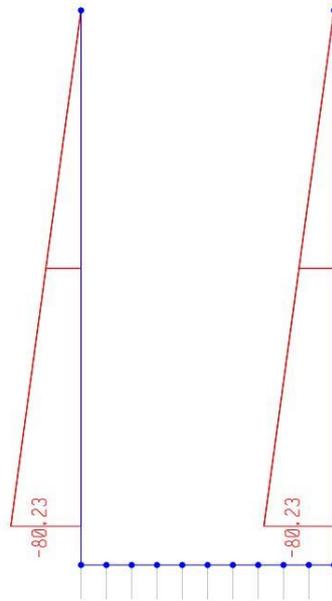
| | | | | | |
|-----------------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| COMMESSA NN1 | LOTTO 1 0 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO FV.05.B.0.004 | REV. B | FOGLIO 27 di 67 |
|-----------------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|

| | | | | | | |
|---|------|---------------------------|-----|--------|---------|---------|
| 2 | 0.00 | ENVELOPE SLER Combination | Max | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 2.68 | ENVELOPE SLER Combination | Max | -40.11 | 37.97 | -19.62 |
| 2 | 5.35 | ENVELOPE SLER Combination | Max | -80.23 | 119.95 | -156.95 |
| 2 | 0.00 | ENVELOPE SLER Combination | Min | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 2.68 | ENVELOPE SLER Combination | Min | -40.11 | 22.00 | -40.98 |
| 2 | 5.35 | ENVELOPE SLER Combination | Min | -80.23 | 88.01 | -242.39 |
| 4 | 0.00 | ENVELOPE SLER Combination | Max | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 2.68 | ENVELOPE SLER Combination | Max | -40.11 | -27.50 | 79.54 |
| 4 | 5.35 | ENVELOPE SLER Combination | Max | -80.23 | -110.01 | 416.23 |
| 4 | 0.00 | ENVELOPE SLER Combination | Min | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 2.68 | ENVELOPE SLER Combination | Min | -40.11 | -68.63 | 24.52 |
| 4 | 5.35 | ENVELOPE SLER Combination | Min | -80.23 | -192.27 | 196.18 |

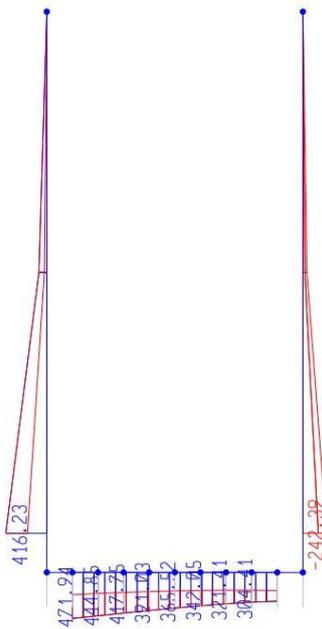


| SEZIONE | P | V2 | M3 |
|---------|-------|-------|-------|
| 01 | 0.0 | 106.0 | 471.9 |
| 02 | 0.0 | 0.0 | 181.8 |
| 06 | -80.2 | 192.3 | 242.4 |

Diagrammi di inviluppo delle sollecitazioni: ENVELOPE SLE (rara)



Sforzo normale



Momento Flettente

Il valore M dei diagrammi corrisponde a quello riportato nella tabella, mentre il valore dello sforzo normale P nei diagrammi (valore massimo) differisce da quello di verifica della tabella, pari a quello di compressione minimo.

.4.6. VERIFICHE SLU/SLV/SLE

Oggetto:

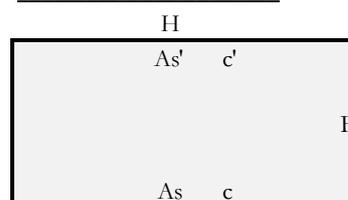
Stazione d'emergenza Aeroporto - Scale

Sezione n°. 01

Dati di Input:

| | | | | |
|-----------|--|-----------|------------------------|------------|
| B | Base sezione rettangolare | 1000 mm | | |
| H | Altezza sezione rettangolare | 800 mm | | |
| c' | Copriferro armatura sup. compressa | 70 mm | | |
| c | Copriferro armatura inf. Tesa | 70 mm | | |
| d | Altezza utile = H-c | 730 mm | | |
| fck | Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo | 30 MPa | | |
| fyk | Resistenza caratt. Snervamento acciaio | 450 MPa | | |
| Ned | Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione] | 0.0 kN | | |
| Med | Momento flettente di calcolo [(+)] | 754.1 kNm | | |
| Ved | Taglio di calcolo [(+)] | 275.3 kN | | |
| Ted | Torsione di calcolo [(+)] | 0 kNm | | |
| Fi1 | 1° diametro armatura tesa | 26 | | |
| Fi2 | 2° diametro armatura tesa | | | |
| n1 | N°. Barre 1° armatura tesa | 10 | Armatura tesa filante | 5309 mmq |
| n2 | N°. Barre 2° armatura tesa | | Armatura di raffittim. | 0 mmq |
| As' | Armatura superiore compressa | 5309 mmq | | |
| As | Armatura inferiore tesa | 5309 mmq | | |
| Fi Staffe | Diametro staffe | mm | | |
| s. Staffe | Passo staffe | 150 mm | | |
| bracci | Numero Bracci staffe | 2 | | |
| cotθ | (proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls | 2.0 | [range: 1,0-2,5] | |
| alpha | angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale | 90.0° | | |
| Asw | Area a taglio per unità di lunghezza | 0 mmq/m | | 0.00 cmq/m |
| <R-F-P> | Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm) | R | | |
| Msle | Momento di esercizio [(+)] | 471.9 kNm | | |
| Nsle | Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione] | 0.0 kN | | |
| wk-lim | Stato limite apertura fessure (Freq.Perm) | 0.20 mm | | |
| sigcR-lim | Tensione limite cls comb. Rara | 0.60 fck | | |
| sigcP-lim | Tensione limite cls comb. Quasi Perm. | 0.45 fck | | |
| sigcR-lim | Tensione limite acc. Comb. Rara | 0.80 fyk | | |

Geometria della Sezione:



Dati di Output:

SLU - Momento e Taglio resistenti

| | | | | |
|-------|---|----------|---------------|-----|
| <S-N> | Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N> | S | | |
| Mrd | Momento ultimo resistente | 1412 kNm | Coeff.Sfrutt. | 53% |
| Vrd | Taglio ultimo resistente | 373 kN | Coeff.Sfrutt. | 74% |
| Trd | Momento torcente ultimo resistente | 0 kNm | Coeff.Sfrutt. | |

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

| | | | | |
|----------|--|---------|------------------|-----|
| Sigs-sup | Tensione barre superiori [(-)Compresso] | -44 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 12% |
| Sigs-inf | Tensione barre inferiori [(+)Teso] | 136 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 38% |
| Sigc-sup | Tensione cls superiore [(-)Compresso] | -4 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 23% |
| Sigc-inf | Tensione cls inferiore [non reag.Trazione] | 0 Mpa | | |
| Mcr | Momento di prima fessurazione | 372 kNm | | |
| wk | Ampiezza di fessura | 0.16 mm | Coeff.Sfrutt. | 82% |
| | | | Coeff.Sfrutt.Max | 82% |

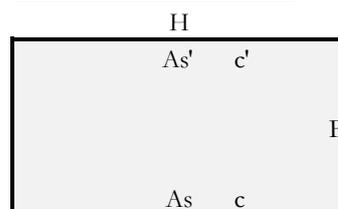
Oggetto:

Stazione d'emergenza Aeroporto - Scale

Sezione n°. 02

Dati di Input:

| | | | | |
|-----------|--|-----------|------------------------|------------|
| B | Base sezione rettangolare | 1000 mm | | |
| H | Altezza sezione rettangolare | 600.00 mm | | |
| c' | Copriferro armatura sup. compressa | 70 mm | | |
| c | Copriferro armatura inf. Tesa | 70 mm | | |
| d | Altezza utile = H-c | 730 mm | | |
| fck | Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo | 30 MPa | | |
| fyk | Resistenza caratt. Snervamento acciaio | 450 MPa | | |
| Ned | Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione] | 0.0 kN | | |
| Med | Momento flettente di calcolo [(+)] | 203.8 kNm | | |
| Ved | Taglio di calcolo [(+)] | 0.0 kN | | |
| Ted | Torsione di calcolo [(+)] | 0 kNm | | |
| Fi1 | 1° diametro armatura tesa | 26 | | |
| Fi2 | 2° diametro armatura tesa | | | |
| n1 | N°. Barre 1° armatura tesa | 10 | Armatura tesa filante | 5309 mmq |
| n2 | N°. Barre 2° armatura tesa | | Armatura di raffittim. | 0 mmq |
| As' | Armatura superiore compressa | 5309 mmq | | |
| As | Armatura inferiore tesa | 5309 mmq | | |
| Fi Staffe | Diametro staffe | | | |
| s. Staffe | Passo staffe | 150 mm | | |
| bracci | Numero Bracci staffe | 2 | | |
| cotθ | (proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls | 2.5 | [range: 1,0-2,5] | |
| alpha | angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale | 90.0° | | |
| Asw | Area a taglio per unità di lunghezza | 0 mmq/m | | 0.00 cmq/m |
| <R-F-P> | Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm) | R | | |
| Msle | Momento di esercizio [(+)] | 181.8 kNm | | |
| Nsle | Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione] | 0.0 kN | | |
| wk-lim | Stato limite apertura fessure (Freq,Perm) | 0.20 mm | | |
| sigcR-lim | Tensione limite cls comb. Rara | 0.60 fck | | |
| sigcP-lim | Tensione limite cls comb. Quasi Perm. | 0.45 fck | | |
| sigsR-lim | Tensione limite acc. Comb. Rara | 0.80 fyk | | |

Geometria della Sezione:

Dati di Output:
SLU - Momento e Taglio resistenti

| | | | | |
|-------|---|----------|---------------|-----|
| <S-N> | Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N> | S | | |
| Mrd | Momento ultimo resistente | 1412 kNm | Coeff.Sfrutt. | 14% |
| Vrd | Taglio ultimo resistente | 373 kN | Coeff.Sfrutt. | 0% |
| Trd | Momento torcente ultimo resistente | 0 kNm | Coeff.Sfrutt. | |

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

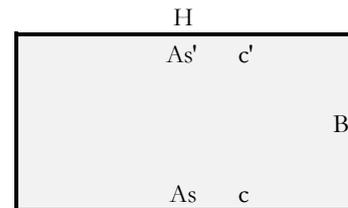
| | | | | |
|----------|--|---------|------------------|-----|
| Sigs-sup | Tensione barre superiori [(-)Compresso] | -17 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 5% |
| Sigs-inf | Tensione barre inferiori [(+)Teso] | 52 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 15% |
| Sigc-sup | Tensione cls superiore [(-)Compresso] | -2 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 9% |
| Sigc-inf | Tensione cls inferiore [non reag.Trazione] | 0 Mpa | | |
| Mcr | Momento di prima fessurazione | 226 kNm | | |
| wk | Ampiezza di fessura | 0.00 mm | Coeff.Sfrutt. | 0% |
| | | | Coeff.Sfrutt.Max | 15% |

Oggetto:

 Stazione d'emergenza Aeroporto - Scale
 Sezione n°. 06

Dati di Input:

| | | | | |
|-----------|--|------------|------------------------|-------------|
| B | Base sezione rettangolare | 1000 mm | | |
| H | Altezza sezione rettangolare | 600.00 mm | | |
| c' | Copriferro armatura sup. compressa | 70 mm | | |
| c | Copriferro armatura inf. Tesa | 70 mm | | |
| d | Altezza utile = H-c | 530 mm | | |
| fck | Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo | 30 MPa | | |
| fyk | Resistenza caratt. Snervamento acciaio | 450 MPa | | |
| Ned | Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione] | -80.2 kN | | |
| Med | Momento flettente di calcolo [(+)] | 663.7 kNm | | |
| Ved | Taglio di calcolo [(+)] | 297.6 kN | | |
| Ted | Torsione di calcolo [(+)] | 0 kNm | | |
| Fi1 | 1° diametro armatura tesa | 22 | | |
| Fi2 | 2° diametro armatura tesa | | | |
| n1 | N°. Barre 1° armatura tesa | 10 | Armatura tesa filante | 3801 mmq |
| n2 | N°. Barre 2° armatura tesa | | Armatura di raffittim. | 0 mmq |
| As' | Armatura superiore compressa | 3801 mmq | | |
| As | Armatura inferiore tesa | 3801 mmq | | |
| Fi Staffe | Diametro staffe | 12 mm | | |
| s. Staffe | Passo staffe | 200 mm | | |
| bracci | Numero Bracci staffe | 2 | | |
| cotθ | (proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls | 2.5 | [range: 1,0-2,5] | |
| alpha | angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale | 90.0° | | |
| Asw | Area a taglio per unità di lunghezza | 1131 mmq/m | | 11.31 cmq/m |
| <R-F-P> | Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm) | R | | |
| Msle | Momento di esercizio [(+)] | 242.4 kNm | | |
| Nsle | Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione] | -80.2 kN | | |
| wk-lim | Stato limite apertura fessure (Freq,Perm) | 0.20 mm | | |
| sigcR-lim | Tensione limite cls comb. Rara | 0.60 fck | | |
| sigcP-lim | Tensione limite cls comb. Quasi Perm. | 0.45 fck | | |
| sigsR-lim | Tensione limite acc. Comb. Rara | 0.80 fyk | | |

Geometria della Sezione:

Dati di Output:
SLU - Momento e Taglio resistenti

| | | | | |
|-------|---|---------|---------------|-----|
| <S-N> | Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N> | S | | |
| Mrd | Momento ultimo resistente | 743 kNm | Coeff.Sfrutt. | 89% |
| Vrd | Taglio ultimo resistente | 528 kN | Coeff.Sfrutt. | 56% |
| Trd | Momento torcente ultimo resistente | 4 kNm | Coeff.Sfrutt. | |

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

| | | | | |
|----------|--|---------|------------------|-----|
| Sigs-sup | Tensione barre superiori [(-)Compresso] | -41 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 11% |
| Sigs-inf | Tensione barre inferiori [(+)Teso] | 126 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 35% |
| Sigc-sup | Tensione cls superiore [(-)Compresso] | -4 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 25% |
| Sigc-inf | Tensione cls inferiore [non reag.Trazione] | 0 Mpa | | |
| Mcr | Momento di prima fessurazione | 215 kNm | | |
| wk | Ampiezza di fessura | 0.14 mm | Coeff.Sfrutt. | 68% |
| | | | Coeff.Sfrutt.Max | 89% |

Si riportano i coefficienti di sfruttamento nelle sezioni notevoli per le verifiche SLU/SLV/SLE:

| SINTESI VERIFICHE SEZIONI NOTEVOLI: | | | | | |
|--|---------------|------------|------------|------------|--|
| SL | VERIF | SEZ01 | SEZ02 | SEZ06 | |
| SLU | Med/Mrd | 53% | 14% | 89% | |
| SLU | Ved/Vrd | 74% | 0% | 56% | |
| SLE | (sigse/sigr)s | 12% | 5% | 11% | |
| SLE | (sigse/sigr)i | 38% | 15% | 35% | |
| SLE | (sigce/sigr)s | 23% | 9% | 25% | |
| SLE | wk/wklim | 82% | 0% | 68% | |
| | MAX | 82% | 15% | 89% | |
| | MAX | 89% | | | |

I coefficienti di sfruttamento sono tutti inferiori all'unità e pertanto le verifiche risultano soddisfatte.

.4.7. ARMATURE DI RIPARTIZIONE

Le armature di ripartizione delle pareti e della soletta vengono dimensionate per sostenere gli effetti del ritiro igrometrico i quali generano una trazione pura per deformazioni impedita a causa della soletta inferiore gettata precedentemente e che può aver dissipato tali effetti.

La ϵ ritiro induce nel calcestruzzo una tensione di trazione superiore alla sua resistenza a trazione, ne deriva la fessurazione e il trasferimento di tutta la trazione sull'acciaio teso. Per ottenere delle fessure uniformemente distribuite e non concentrate in alcuni punti con ampiezze macroscopiche, si applica un principio di non plasticizzazione delle armature. Per limitare l'ampiezza delle fessure, pur distribuite, che si ottengono applicando tale principio, si applica quanto previsto al § 7.3.2 dell'Eurocodice 2 - UNI EN 1992 1-1: "Aree minime di armatura", in particolare la formula (7.1):

$$A_{s,min} \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}$$

dove:

$A_{s,min}$ è l'area minima di armatura nella zona tesa;

A_{ct} è l'area di calcestruzzo nella zona tesa. La zona tesa è quella parte della sezione che risulta in trazione subito dopo la formazione della prima fessura; è pari a tutta l'area della sezione per trazione pura, alla metà per flessione;

σ_s è la massima tensione ammessa nell'armatura subito dopo la formazione della fessura. Tale tensione può essere assunta pari alla tensione di snervamento f_{yk} dell'armatura. Può essere però necessario fissare un valore minore per soddisfare i limiti di apertura delle fessure secondo il massimo diametro o la massima spaziatura tra le barre (vedere punto 7.3.3).

$f_{ct,eff}$ è il valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo al momento in cui si suppone insorgano le prime fessure;

$f_{ct,eff} = f_{ctm}$ se la formazione delle fessure è prevista prima di 28d;

k è il coefficiente che tiene conto degli effetti di tensioni auto-equilibrate non uniformi, $k=1$

k_c è il coefficiente che tiene conto del tipo di distribuzione delle tensioni all'interno della sezione subito prima della fessurazione e della variazione del braccio di leva; $k_c=1$ per trazione, $k_c=0,4$ per flessione, $k_c = 0,4 \cdot (1 - \text{funz}(\sigma_c))$ nel caso flessione combinata con sforzo normale.

| | | |
|---|--------------------------------|------------------------|
| base della sezione | | 1000 mm |
| altezza della sezione | | 600 mm |
| area sezione calcestruzzo | A_{ct} | 600000 mm ² |
| tensione di snervamento acciaio | f_{yk} | 450 Mpa |
| resist. Caratt. Cilindrica cls a compressione | f_{ck} | 30 Mpa |
| tensione resistente cls a trazione | $f_{ct,eff}=0,3(f_{ck})^{2/3}$ | 2.90 Mpa |
| coefficiente k_c | k_c | 1.00 |
| coefficiente k | k | 1.00 |
| area minima acciaio teso nella sezione | $A_{s,min}$ | 3862 mm ² |

P.to 7.3.3 EC2 1992:1-1): Dove è disposta l'armatura minima indicata al punto 7.3.2, le ampiezze delle fessure non dovrebbero essere eccessive se: per fessurazione causata principalmente da deformazioni impedito, il diametro delle barre non eccede quello dato nel prospetto 7.2N, dove la tensione nell'acciaio è quella che si ha subito dopo la fessurazione [cioè il termine σ_s nell'espressione (7.1)];

prospetto 7.2N **Diametri massimi delle barre ϕ^*_s per il controllo della fessurazione¹⁾**

| Tensione nell'acciaio ²⁾ [MPa] | Diametro massimo delle barre [mm] | | |
|--|-----------------------------------|----------------|----------------|
| | $w_k = 0,4$ mm | $w_k = 0,3$ mm | $w_k = 0,2$ mm |
| 160 | 40 | 32 | 25 |
| 200 | 32 | 25 | 16 |
| 240 | 20 | 16 | 12 |
| 280 | 16 | 12 | 8 |
| 320 | 12 | 10 | 6 |
| 360 | 10 | 8 | 5 |
| 400 | 8 | 6 | 4 |
| 450 | 6 | 5 | - |

1) I valori nel prospetto sono basati sulle seguenti assunzioni:
 $c = 25$ mm; $f_{ct,eff} = 2,9$ MPa; $h_{cr} = 0,5$; $(h - d) = 0,1 h$; $k_1 = 0,8$; $k_2 = 0,5$; $k_c = 0,4$; $k = 1,0$; $k_t = 0,4$ e $k' = 1,0$.

2) Sotto la combinazione di carico pertinente.

Il diametro massimo delle barre si raccomanda sia modificato come segue:

Trazione (la sezione è tutta tesa):

$$\phi_s = \phi^*_s (f_{ct,eff} / 2,9) h_{cr} / (8(h-d)) \quad (7.7N)$$

dove:

ϕ_s è il diametro massimo "modificato" delle barre;

ϕ^*_s è il diametro massimo dato nel prospetto 7.2N;

h è l'altezza totale della sezione;

h_{cr} è l'altezza della zona tesa subito prima della fessurazione, considerando i valori caratteristici della forza di precompressione e delle forze assiali sotto la combinazione di azioni quasi-permanente;

d è l'altezza utile valutata rispetto al baricentro dello strato più esterno di armatura ordinaria.

Se tutta la sezione è tesa $h-d$ è la minima distanza tra il baricentro dello strato di armatura e il lembo esterno della sezione (considerare ciascun lembo se la barra non è disposta simmetricamente).

Verifica armatura trasversale:

| | | | | |
|--|--------------|----------------------|------------|----------------------|
| diametro barre trasversali | Φ trasv | 16 mm | < F_s | Verifica soddisfatta |
| passo barre trasversali | passo | 100 mm | | |
| N.strati barre trasvers. (sup.+inf.+intermedi) | n.strati | 2 | | |
| Area barre trasversali | A_s | 4021 mm ² | | |
| stato tensionale barre dopo fessurazione | σ_s | 432 mm ² | < f_{yk} | Verifica soddisfatta |
| ϕ barre da tabella 7.2N x σ_s e $w_k=0,2$ mm | ϕ^*_s | 6 mm | | |
| altezza zona tesa prima della fessurazione | h_{cr} | 600 mm | | |
| altezza totale sezione | h | 600 mm | | |
| copriferro (asse barre) | c | 50 mm | | |
| altezza utile sezione | d | 550 mm | | |
| diametro massimo modificato utilizzabile | ϕ_s | 36 mm | (= F_s) | |

Muri scala Stazione d'emergenza Aeroporto
 (pk 8+800): Relazione di calcolo

| | | | | | |
|-----------------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| COMMESSA NN1 | LOTTO 1 0 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO FV.05.B.0.004 | REV. B | FOGLIO 35 di 67 |
|-----------------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|

4.8. RIEPILOGO E INCIDENZA ARMATURE

A seguire il riepilogo delle armature del tombino:

| | | | | |
|--|-------|-----------------|------------|------------------------|
| Pareti di spessore | 60 cm | | | |
| con armatura principale esterna | | F22 /100 | | 3801 mm ² |
| con armatura principale interna | | F22 /100 | | 3801 mm ² |
| Soletta inferiore di spessore | 80 cm | | | |
| con armatura principale superiore | | F26 /100 | | 5309 mm ² |
| con armatura principale inferiore | | F26 /100 | | 5309 mm ² |
| Le pareti hanno armatura a taglio | | F12 /200 | dir.princ. | /500 dir.trasv. |
| La soletta inferiore non ha armatura a taglio. | | | | |

Le armature di ripartizione sono:

| | Armature di ripartizione: | Area: | % Arm. principale: |
|-------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------------|
| Pareti | F16 /100 2 strati | 4021.2 mm ² | 53% di 7603 mm ² |
| Soletta inferiore | F16 /100 2 strati | 4021.2 mm ² | 38% di 10619 mm ² |

Incidenza armature:

| | | | | | |
|--------------------|------|--------|---------------------|----|--------|
| Larghezza utile | Lint | 2.00 m | Spessore piedritti | Sp | 0.60 m |
| Altezza libera | Hint | 5.35 m | Spessore fondazione | Sf | 0.80 m |
| incidenza sovrapp. | | 20% | copriferro | c | 0.07 m |

| Elem. | Ø1 sup/int [mm] | pass1 [mm] | Ø2 sup/int [mm] | pass2 [mm] | Ø3 inf/ext [mm] | pass3 [mm] | Ø4 inf/ext [mm] | pass4 [mm] | Øleg [mm] | Øleg pass1 [mm] | Øleg pass2 [mm] |
|---------------|-----------------------|---------------|-----------------------|-----------------|-------------------------------|---------------|-----------------------|---------------|--------------|-----------------------|-----------------------|
| piedritto | 22 | 100 | 0 | 1000 | 22 | 100 | 0 | 1000 | 12 | 200 | 500 |
| fondaz. | 26 | 100 | 0 | 1000 | 26 | 100 | 0 | 1000 | 0 | 1000 | 1000 |
| ripartiz. | 16 | 100 | x | 2 strati | | | | | | | |
| Elem. | LØ [m] | Lleg [mm] | Vol [m ³] | Peso [kg] | incid [kg/m ³] | Inc% | | | | | |
| piedritto | 6.93 | 0.66 | 3.2 | 540 | 168 | 50% | | | | | |
| fondaz. | 4.38 | 0.86 | 2.6 | 438 | 171 | 20% | | | | | |
| ripartiz. | | | 9.0 | 648 | 72 | 30% | | | | | |
| TOTALE | | | 9.0 | 2165 | 241 | 100% | | | | | |

5. SEZIONE 2 - SEZIONE SCATOLARE

5.1. GEOMETRIA

| | | | |
|---------------------|------|--------|--|
| Larghezza utile | Lint | 2.00 m | <i>luce interna scatolare</i> |
| Altezza libera | Hint | 4.95 m | <i>altezza interna scatolare</i> |
| Spessore piedritti | Sp | 0.60 m | <i>(consigliato: Sp = Ss)</i> |
| Spessore soletta | Ss | 0.40 m | <i>(consigliato: Ss = Lint/10+10cm.)</i> |
| Spessore fondazione | Sf | 0.80 m | <i>(consigliato: Sf = Ss + 10cm.)</i> |
| Larghezza totale | Ltot | 3.20 m | <i>Lint+2xSPp</i> |
| Altezza totale | Htot | 6.15 m | <i>Hint+SPs+SPf</i> |

5.2. MODELLAZIONE ADOTTATA

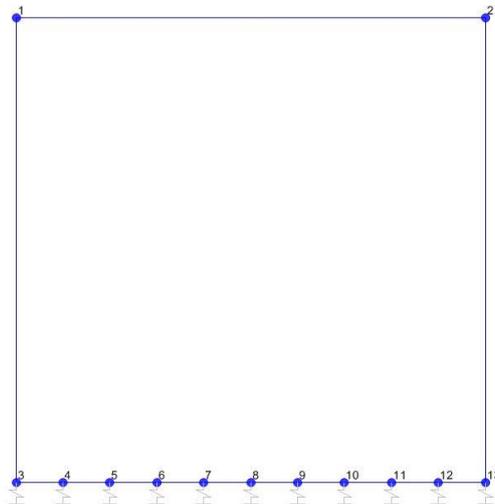
Il modello di calcolo attraverso il quale viene schematizzata la struttura è quello di telaio chiuso su letto di molle alla Winkler. Il programma di calcolo utilizzato è un programma ad elementi finiti, il Sap 2000.

Le caratteristiche delle aste modellate con elementi frame sono le seguenti:

| <i>asta</i> | <i>base</i> | <i>altezza</i> | <i>descrizione</i> |
|-------------|-------------|----------------|---------------------|
| Asta 1 | 100 cm | 80 cm | (soletta inferiore) |
| Aste 2, 4 | 100 cm | 60 cm | (Piedritti) |

Le caratteristiche geometriche del modello e le coordinate dei nodi sono le seguenti:

| | |
|-------------|--------|
| Linterasse | 2.60 m |
| Hinterasse | 5.55 m |
| N.nodi | 13 |
| N.nodi sup | 2 |
| N.nodi inf | 11 |
| N.spazi inf | 10 |



| Nodo | X | Z |
|------|-------|-------|
| 1 | 0.000 | 5.550 |
| 2 | 2.600 | 5.550 |
| 3 | 0.000 | 0.000 |
| 4 | 0.260 | 0.000 |
| 5 | 0.520 | 0.000 |
| 6 | 0.780 | 0.000 |
| 7 | 1.040 | 0.000 |
| 8 | 1.300 | 0.000 |
| 9 | 1.560 | 0.000 |
| 10 | 1.820 | 0.000 |
| 11 | 2.080 | 0.000 |
| 12 | 2.340 | 0.000 |
| 13 | 2.600 | 0.000 |

Figura 3. Numerazione nodi modello SAP

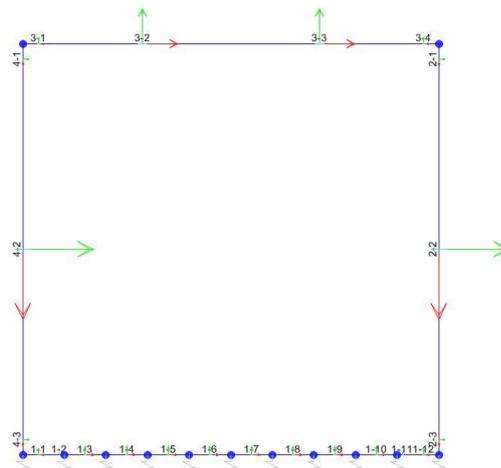


Figura 4: Individuazione elementi modello SAP

L'opera è stata considerata vincolata alla base mediante dei vincoli cedevoli in funzione delle caratteristiche elastiche del terreno di sottofondo.

La soletta inferiore viene divisa in 10 elementi per poter schematizzare, tramite le molle applicate, l'interazione terreno-struttura. Per la rigidità delle molle, nel caso in esame, si assume il valore del Modulo di reazione verticale desunto dai parametri della relazione geotecnica:

Rigidità molle nodali SAP

| | | |
|----------------------------|--|-------------------------------|
| k_s | | 8006 kN/m ³ |
| nodi centrali (6,7,8,9,10) | | |
| $Linfl$ | | 0.260 m |
| $K_{centrale}$ | $k_s \times Linfl \times 1$ | 2082 kN/m |
| nodi intermedi (4,5,11,12) | | |
| $Linfl$ | | 0.260 m |
| $K_{intermedio}$ | $1,5 \times k_s \times Linfl \times 1$ | 3122 kN/m |
| nodi estremità (3,13) | | |
| $Linfl$ | | 0.430 m |
| $K_{estremità}$ | $2,0 \times k_s \times Linfl \times 1$ | 6885 kN/m |

5.3. ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

Peso proprio della struttura (condizione DEAD)

Il peso proprio delle solette e dei piedritti viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il calcestruzzo $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$.

| | | | |
|------------------------------------|----------------|----------------------|---------------------------|
| Peso specifico calcestruzzo armato | γ_{cls} | 25 kN/m ³ | |
| peso soletta superiore | P_{ss} | 10.00 kN/m | $\gamma_{cls} \times S_s$ |
| peso singolo piedritto | P_p | 15.00 kN/m | $\gamma_{cls} \times S_p$ |
| peso fondazione | P_{sf} | 20.00 kN/m | $\gamma_{cls} \times S_f$ |

Spinta del terreno (condizioni SPTSX e SPTDX)

| | | | |
|--|----------------|-------------------------|---|
| angolo di attrito rinterro | \varnothing' | 38.0 [°] | 0.663 [rad] |
| coefficiente spinta attiva k_a | k_a | 0.238 | $(1 - \text{sen}\varnothing) / (1 + \text{sen}\varnothing)$ |
| coefficiente spinta riposo k_o | k_o | 0.384 | $(1 - \text{sen}\varnothing)$ |
| coefficiente spinta passiva k_p | k_p | 4.204 | $(1 + \text{sen}\varnothing) / (1 - \text{sen}\varnothing)$ |
| Pressione asse soletta superiore | P_2 | 0.00 kN/m ² | $Z=0$ |
| Pressione asse soletta inferiore | P_3 | 41.12 kN/m ² | $k_o \times \gamma t \times (H_{int} + S_f / 2)$ |
| Pressione intradosso soletta inferiore | P_4 | 44.20 kN/m ² | $k_o \times (P_b + P_r + P_m + \gamma r \times H_{tot})$ |
| Forza concentrata asse soletta inferiore | F_2 | 17.06 kN/m | $(P_3 + P_4) / 2 \times S_f / 2$ |

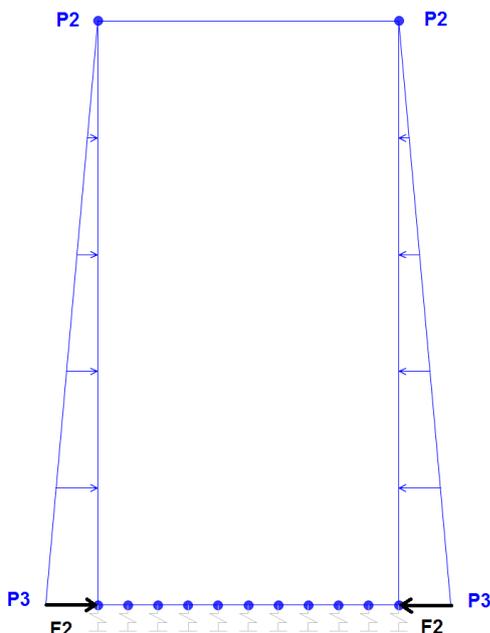


Figura 6. Condizione di carico SPTDX-SPTSX da SAP2000

Il carico concentrato nel nodo 3 (per la SPTSX) oppure 13 (per la SPTDX) rappresentano la parte di spinta del terreno esercitata su 1/2 spessore della soletta inferiore.

Carichi accidentali, ripartizione carichi verticali (condizione ACCM)

Il carico del treno di riferimento è il più gravoso tra LM71 e SW/2

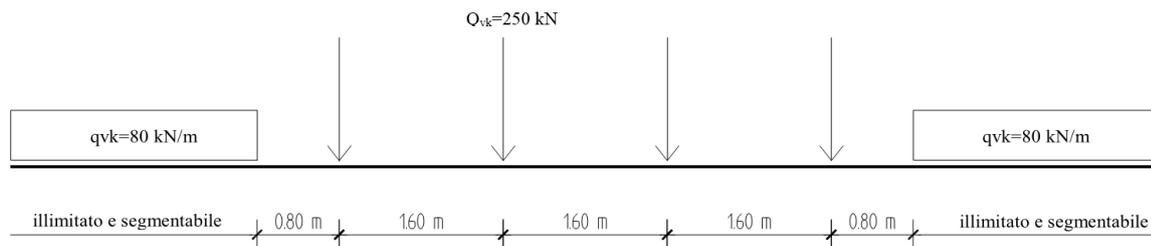


Figura 7. Treno LM71

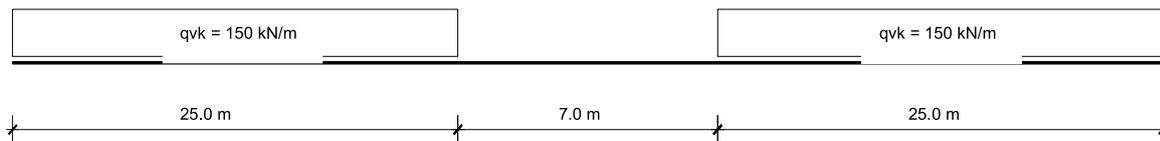


Figura 8. Treno SW/2

In funzione delle caratteristiche geometriche dell'opera risulta più sfavorevole il carico dovuto al treno SW/2 rispetto al carico dovuto al treno LM71. Nei calcoli pertanto sarà utilizzato il valore del SW/2

CARICO TRENO (ACCMSW/02)

| | | |
|---|----|-------------------------|
| Carico treno SW/2 | q | 150.00 kN/m |
| Larghezza di diffusione del carico | Ld | 3.00 m |
| Carico distribuito per treno SW/2 diffuso | qv | 50.00 kN/m ² |

Inoltre si considera il carico accidentale dovuto alla presenza di persone sui marciapiedi così come prescritto nelle NTC2018 §5.2.2.2.2

CARICO FOLLA (ACCMQ)

| | | |
|---|----|-------------------------|
| Carico distribuito su soletta superiore | q' | 10.00 kN/m ² |
|---|----|-------------------------|

CARICO STRADALE (ACCMSTRAD)

| | | |
|-----------------------------|-----|-------------------------|
| Carico distribuito stradale | q'' | 20.00 kN/m ² |
|-----------------------------|-----|-------------------------|



Figura 9. Condizione di carico ACCM da SAP2000

Spinta sui piedritti prodotta dal sovraccarico ferroviario(condizioni SPACCSXSW/02)

| | | | |
|---|--------|-------------------------|-----------------------|
| Carico distrib treno SW/2 su piedritto sx | Sqv | 19.22 kN/m ² | $qv \times K_0$ |
| Spinta semispessore soletta superiore | Fq1sup | 3.84 kN/m | $Sqv \times SP_s / 2$ |
| spinta semispessore soletta inferiore | Fq1inf | 7.69 kN/m | $Sqv \times SP_i / 2$ |

Spinta sui piedritti prodotta dal sovraccarico stradale(condizioni SPACCDXSTRAD)

| | | | |
|---------------------------------------|--------|------------------------|-----------------------|
| Carico distrib folla su piedritto sx | SQ1 | 7.69 kN/m ² | $PQ1 \times K_0$ |
| Spinta semispessore soletta superiore | Fq1sup | 1.54 kN/m | $SQ1 \times SP_s / 2$ |
| Spinta semispessore soletta inferiore | Fq1inf | 3.07 kN/m | $SQ1 \times SP_i / 2$ |

Anche in questo caso il carico accidentale dovuto alla presenza del treno agisce su un solo lato del vano scala, sul lato opposto è prevista la presenza di una strada, ragion per cui il carico accidentale applicato sui due muri laterali è differente (vedi figura 9). Per meglio comprendere la configurazione degli spazi costituenti la stazione e limitrofi si rimanda ai relativi elaborati grafici. Inoltre è stato considerato un carico accidentale dovuto alla presenza di persone sulla soletta superiore (ACCMQ).

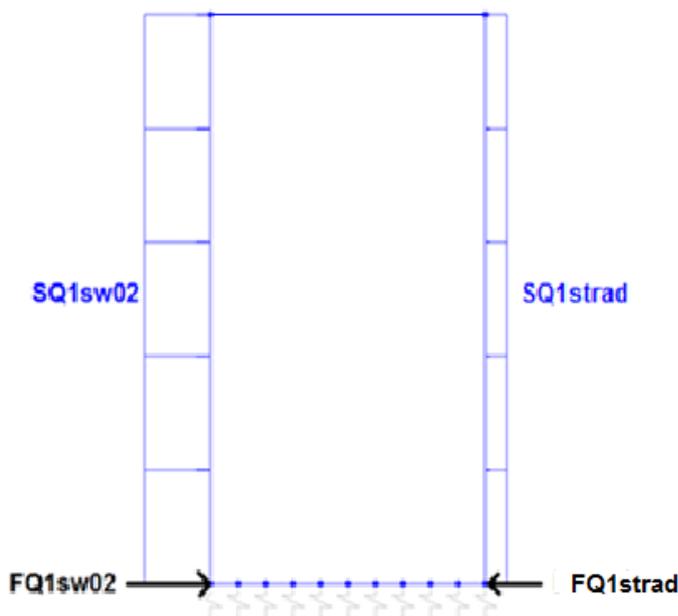


Figura 10. Condizione di carico SPACCSXSW/02 e SPACCDXSTRAD da SAP2000

Azioni termiche (condizione TERM)

Alla soletta superiore si applica una variazione termica uniforme pari a $\Delta t = \pm 15^\circ\text{C}$ ed una variazione nello spessore tra estradosso ed intradosso pari a $\Delta t = \pm 5^\circ\text{C}$.

| | | | |
|----------------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Variatione termica uniforme | ΔT_{unif} | + -15.00 [°] | <i>Sulla soletta superiore</i> |
| Variatione termica differenziale | ΔT_{diff} | + -5.00 [°] | <i>Sulla soletta superiore</i> |
| | Gradiente | + -12.50 [°/m] | $\Delta T_{diff} / S_s$ |

Ritiro igrometrico (condizione RITIRO)

Gli effetti del ritiro vanno valutati a “lungo termine” attraverso il calcolo dei coefficienti di ritiro finale $\epsilon_{cs}(t, t_0)$ e di viscosità $\phi(t, t_0)$, come definiti nell'EUROCODICE 2- UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005 e D. M. 17-01-2018.

I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura ed applicati nel modello come una variazione termica uniforme equivalente agli effetti del ritiro:

| | | | |
|---|---------------------|-------------------|--------------------------------|
| Variatione termica uniforme equivalente | ΔT_{ritiro} | - [11.59°] | <i>Sulla soletta superiore</i> |
|---|---------------------|-------------------|--------------------------------|

CONDIZIONI DI CARICO SISMICHE

Per il calcolo dell'azione sismica si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k . Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

Forza sismica orizzontale $F_h = k_h \cdot W$

Forza sismica verticale $F_v = k_v \cdot W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v

$k_h = a \max / g$

$k_v = \pm 0,5 \times k_h$

Con riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale, ai fini del calcolo dell'azione sismica secondo il DM 17/01/2018 viene assegnata all'opera una vita nominale V_N ed una classe d'uso C_U ; segue un periodo di riferimento $V_R = V_N \cdot C_U$.

A seguito di tale assunzione si ottiene allo stato limite ultimo SLV in funzione della Latitudine e Longitudine del sito in esame un valore dell'accelerazione pari ad a_g , il cui valore è di seguito riportato, come desunto anche dalla relazione geotecnica.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima per la determinazione delle forze di inerzia può essere valutata con la relazione:

$a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$

*Le forze di inerzia sullo **scatolare** (masse di peso proprio soletta superiore e piedritti, rinterro e ballast, 20% treno di carico,..) sono pari alle masse moltiplicate per k_h e k_v ove: $k_h = \beta M \cdot S \cdot a_g / g$ e $k_v = k_h / 2$. Essendo lo scatolare non libero di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, $\beta M = 1$.*

| | | |
|---|----------|------------|
| vita nominale | V_N | 75 anni |
| classe d'uso | CL | III |
| coefficiente d'uso | C_U | 1.50 |
| vita di riferimento = $C_U \cdot V_N$ | V_R | 112.5 anni |
| probabilità di superamento nel periodo di riferimento | P_{VR} | 10% |
| periodo di ritorno del sisma | T_R | 1068 anni |

Spettro di risposta in accelerazione della componente orizzontale

Coordinate del sito in oggetto:

| | |
|-------------|----------|
| Latitudine | 40.62432 |
| Longitudine | 14.92286 |

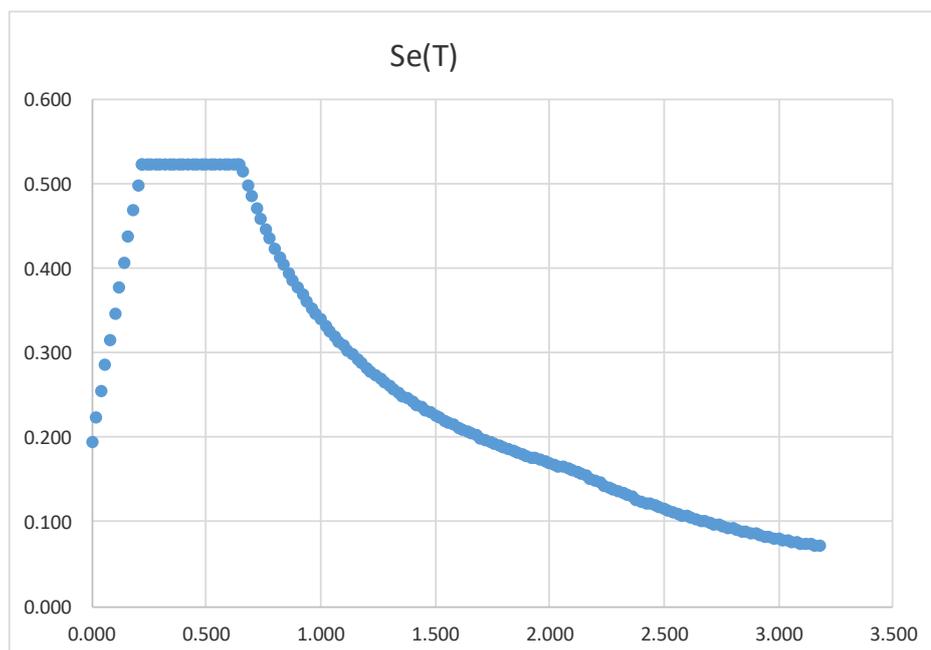
Parametri sismici di progetto

| | | |
|---|----------------|-----------|
| accelerazione massima orizzontale al bedrock | ago | 0.130 g |
| fattore amplificazione massima spettro accelerazione | Fo | 2.702 sec |
| periodo inizio tratto a velocità costante spettro acc. orizz. | T*c | 0.487 |
| categoria sottosuolo | | C |
| categoria topografica | | T1 |
| amplificazione topografica | S _T | 1.000 |
| smorzamento viscoso convenzionale | ξ | 5% |
| fattore di correzione per ξ <> 5% | η | 1.000 |

| Tab.3.2.V | S _S | C _C | S _S | C _C |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| A | 1.00 | 1.00 | 1.49 | 1.33 |
| B | 1.20 | 1.27 | | |
| C | 1.49 | 1.33 | | |
| D | 1.80 | 1.79 | | |
| E | 1.60 | 1.53 | | |

| | | |
|---|----------------|----------------|
| coefficiente amplificazione stratigrafica | S _S | 1.489 |
| coefficiente di amplificazione | S | 1.489 |
| coefficiente categoria sottosuolo | C _C | 1.331 |
| periodo inizio tratto a accelerazione costante = T _c / 3 | T _B | 0.216 sec |
| periodo inizio tratto a velocità costante = C _c * T*c | T _C | 0.648 sec |
| periodo inizio tratto a spostamento costante = 4 * ag/g + 1,6 | T _D | 2.120 sec |
| accelerazione massima orizzontale al suolo = S _s x S _t x ag/g | ago,max | 0.194 g |

SPETTRO ORIZZONTALE ELASTICO SLV



Accelerazioni per il calcolo delle forze di inerzia agenti sullo scatolare

| | | |
|---|-------------------------------|-----------------------------|
| Coefficiente di riduzione dell'acc max attesa al sito | β | 1.000 |
| $a_o = k_h = a_{g0,max} = S \times a_{g/g}$ | valore $PGA \times$ scatolare | $a_o = k_h$ 0.1936 g |
| $a_v = k_v = k_h / 2$ | valore $PGA \times$ scatolare | $a_v = k_v$ 0.0968 g |

Forze di inerzia (condizione SismaH)

| | | |
|--|-----------|---|
| Forza di inerzia treno di carico - (%) | % | 20% |
| Forza orizzontale sulla soletta di copertura | F^h | 3.87 kN/m $(P_{s1}+P_{Q1}) \times k_b$ |
| Forza orizzontale su singolo piedritto | $F^{''h}$ | 2.90 kN/m² $P_p \times k_b$ |

Forze di inerzia (condizione SismaV)

| | | |
|--|-----------|---|
| Forza di inerzia treno di carico - (%) | % | 20% |
| Forza verticale sulla soletta di copertura | $F^{''v}$ | 2.90 kN/m² $(P_{s1}+q') \times k_v$ |

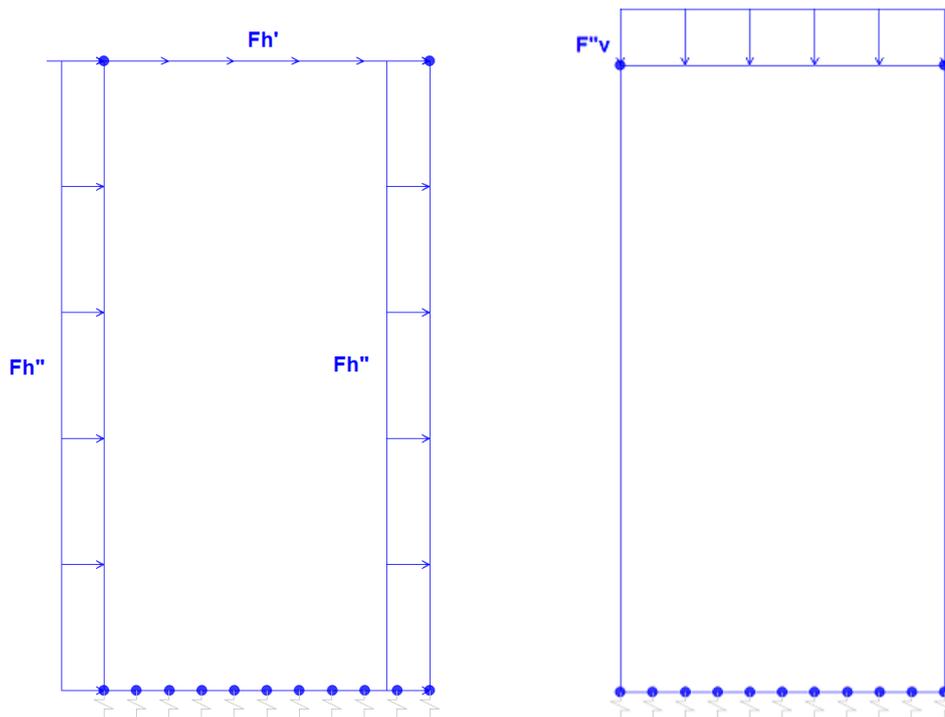


Figura 11. Condizione di carico SismaH e SismaV da SAP2000

Spinta sismica terreno - Teoria di WOOD (condizioni SPSSX e SPSSX)

| | | |
|---|--------------|---|
| Forza distribuita sul piedritti dx | qW_{dx} | 27.69 kN/m² $(\gamma_r \times H_{tot}+q'') \times (a_{g0,max})$ |
| Forza distribuita sul piedritti sx | qW_{sx} | 25.75 kN/m² $(\%o_{qv}+ \gamma_r \times H_{tot}) \times (a_{g0,max})$ |
| Forza concentrata nodo superiore piedritto dx | QW_{dxsup} | 5.54 kN $qW_{dx} \times S_f / 2$ |
| Forza concentrata nodo superiore piedritto sx | QW_{sxsup} | 5.15 kN $qW_{sx} \times S_f / 2$ |
| Forza concentrata nodo inferiore piedritto dx | QW_{dxinf} | 11.07 kN $qW_{dx} \times S_f / 2$ |
| Forza concentrata nodo inferiore piedritto sx | QW_{sxinf} | 10.30 kN $qW_{sx} \times S_f / 2$ |

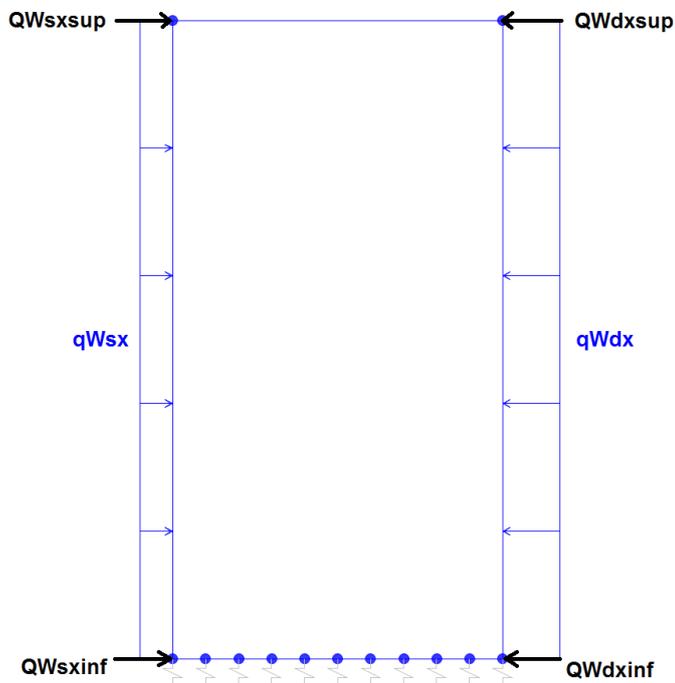


Figura 12. Condizione di carico SPSPDX e SPSSX da SAP2000

Esattamente come per la sezione 1, anche in questo caso per i medesimi motivi spiegati per le condizioni di carico SPACCSXSW/02 e SPACCDXSTRAD, come visibile in Figura 11, il carico sismico calcolato in accordo con la teoria di Wood risulta non simmetrico.

5.4. COMBINAZIONI DI CARICO

Gli effetti dei carichi verticali, dovuti alla presenza dei convogli, vengono sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti di cui alla Tabella 5.2.IV del DM 17/01/2018 di seguito riportata. In particolare, per ogni gruppo viene individuata una azione dominante che verrà considerata per intero; per le altre azioni, vengono definiti diversi coefficienti di combinazione. Ogni gruppo massimizza una particolare condizione alla quale la struttura dovrà essere verificata.

Tab. 5.2.III - Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte

| Numero di binari | Binari Carichi | Traffico normale | | Traffico pesante ⁽²⁾ |
|------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|
| | | caso a ⁽¹⁾ | caso b ⁽¹⁾ | |
| 1 | Primo | 1,0 (LM 71"+SW/0) | - | 1,0 SW/2 |
| | Primo | 1,0 (LM 71"+SW/0) | - | 1,0 SW/2 |
| 2 | secondo | 1,0 (LM 71"+SW/0) | - | 1,0 (LM 71"+SW/0) |
| | Primo | 1,0 (LM 71"+SW/0) | 0,75 (LM 71"+SW/0) | 1,0 SW/2 |
| ≥3 | secondo | 1,0 (LM 71"+SW/0) | 0,75 (LM 71"+SW/0) | 1,0 (LM 71"+SW/0) |
| | Altri | - | 0,75 (LM 71"+SW/0) | - |

⁽¹⁾ LM71 "+ SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

⁽²⁾ Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

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

I valori campiti in grigio rappresentano l'azione dominante.

Nelle tabelle sopra riportate è indicato un coefficiente per gli effetti a sfavore di sicurezza e, tra parentesi, un coefficiente, minore del precedente, per gli effetti a favore di sicurezza.

In fase di combinazione, ai fini delle verifiche degli SLU e SLE per la verifica delle tensioni, si sono considerati i soli Gruppo 1 e 3, mentre per la verifica a fessurazione è stato utilizzato il Gruppo 4. Nella tabella 5.2.III vengono riportati i carichi da utilizzare in caso di impalcati con due, tre o più binari carichi.

I Gruppi definiscono le azioni che nelle diverse combinazioni sono generalmente definite come Q_{ki}.

I coefficienti di amplificazione dei carichi g e i coefficienti di combinazione sono riportati nelle tabelle seguenti.

In particolare nel calcolo della struttura scatolare si fa riferimento alla combinazione A1 STR.

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.

⁽²⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio 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 validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

⁽⁵⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁶⁾ 1,20 per effetti locali

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 |
| Gruppi di carico | gr_1 | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| | gr_2 | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | - |
| | gr_3 | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| | gr_4 | 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 0,0 | 0,0 0,0 |
| Azioni termiche | T_k | 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.

Le azioni descritte nel paragrafo precedente ed utilizzate nelle combinazioni di carico vengono di seguito riassunte:

| | |
|---|--------------|
| Peso proprio | DEAD |
| Carichi permanenti | PERM |
| Spinta del terreno sulla parete sinistra | SPTSX |
| Spinta del terreno sulla parete destra | SPTDX |
| Carico Accidentale Q | ACCMQ |
| Spinta del carico acc. (SW/2) sulla parete Sx | SPACCSXSW/2 |
| Spinta del carico acc. (Q) Sulla parete Sx | SPACCDXSTRAD |
| Avviamento e frenatura | AVV |
| Variazione termica sulla soletta superiore | ENV_TERM |
| Ritiro | RITIRO |
| Azione sismica orizzontale | Sisma H |
| Azione sismica Verticale | Sisma V |
| Incremento sismico della spinta sul terreno | SPSDX/SX |

La 4 condizioni di carico termiche:

$$\Delta T_{\text{uniforme}} = \pm 15^{\circ}$$

$$\Delta T_{\text{differenziale}} = \pm 5^{\circ}$$

e le loro 4 combinazioni sono state preventivamente involuppate nella condizione ENV_TERM, la quale viene impiegata nelle successive combinazioni di carico per massimizzare gli effetti termici.

Si riportano di seguito le combinazioni allo SLU di carico ritenute più significative in base all'esperienza.

Combinazione fondamentale:

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

Nelle tabelle seguenti sono riportate le combinazioni di carico SLU, SLV e SLE utilizzate.

| Combinazioni di carico SLU (non sismiche) | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|--------|--------|
| | 1slu | 2slu | 3slu | 4slu | 5slu | 6slu | 7slu | 8slu | 9slu | 10slu | 11slu | 12slu | 13slu |
| DEAD | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| SPTSX | 1 | 1 | 1 | 1 | 1.35 | 1.35 | 1 | 1 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 |
| SPTDX | 1 | 1 | 1 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ACCMQ | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.05 | 1.05 | 1.05 |
| SPACCSXSW/2 | 1.45 | 0 | 0 | 1.45 | 1.45 | 1.45 | 1.45 | 1.45 | 1.45 | 1.45 | 1.16 | 1.16 | 1.015 |
| SPACCDXSTRAD | 1.35 | 0 | 0 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.0125 | 1.0125 | 1.0125 |
| ENV_TERM | 0 | -0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.9 | 0 | 1.2 | 1.2 | -1.5 | 1.5 | 0.9 |
| RITIRO | 0 | 1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0.9 | -0.9 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.30 \times E_Z \quad \text{oppure} \quad E = \pm 0.30 \times E_Y \pm 1.00 \times E_Z$$

| Combinazioni di Carico Sismiche | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | sismH1 | sismH2 | sismH3 | sismH4 | sismV1 | sismV2 | sismV3 | sismV4 |
| DEAD | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SPTSX | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SPTDX | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ACCMQ | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| SPACCSXSW/2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| SPACCDXSTRAD | 0.2 | 0 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0 | 0.2 | 0.2 |
| Sisma H | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| Sisma V | 0.3 | -0.3 | 0.3 | -0.3 | -1 | 1 | -1 | 1 |
| SPSDX | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.3 | 0.3 |
| SPSSX | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.3 | 0.3 | 0 | 0 |
| ENV_TERM | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 |
| RITIRO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Le combinazioni sismiche vanno eseguite in entrambe le direzioni pertanto le combinazioni SH vanno ripetute per Sisma H = -1 e le combinazioni SV per Sisma V=-0.3.

Si riportano infine, le combinazioni di carico agli stati limite di esercizio SLE ritenute più significative.

Combinazione rara

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

| Combinazioni di carico SLE | | | |
|----------------------------|------|------|------|
| | 1sle | 2sle | 3sle |
| DEAD | 1 | 1 | 1 |
| SPTSX | 1 | 1 | 1 |
| SPTDX | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| ACCMQ | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| SPACCSXSW/2 | 0.8 | 0.8 | 0 |
| SPACCSXSTRAD | 0.75 | 0.75 | 0 |
| ENV_TERM | -0.6 | 0.6 | -0.6 |
| RITIRO | 0 | 0 | 0 |

5.5. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI

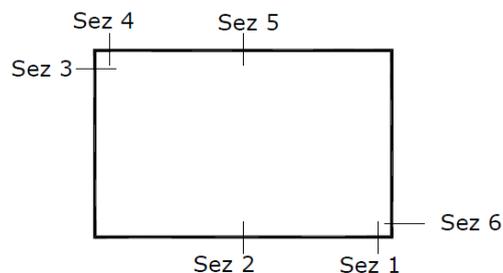
5.5.1. Involuppo SLU/SLV

| USCITA SAP - INVILUPPO SLU SLV | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------|--------------------|------------------|------------------|---------|----------|------------|
| Text Frame | m Station | Text OutputCase | Text CaseType | Text StepType | KN P | KN V2 | KN-m M3 |
| 1 | 0.26 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 189.3 | 309.6 |
| 1 | 0.37 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 191.4 | 288.8 |
| 1 | 0.48 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 193.6 | 267.7 |
| 1 | 0.59 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 217.6 | 244.9 |
| 1 | 0.70 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 219.8 | 221.0 |
| 1 | 0.81 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 226.7 | 196.6 |
| 1 | 0.92 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 228.9 | 171.7 |
| 1 | 1.03 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 231.1 | 146.6 |
| 1 | 1.14 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 228.3 | 130.2 |
| 1 | 1.25 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 230.5 | 114.9 |
| 1 | 1.35 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 218.0 | 102.0 |
| 1 | 1.46 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 220.2 | 106.4 |
| 1 | 1.57 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 198.0 | 117.8 |
| 1 | 1.68 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 200.2 | 130.0 |
| 1 | 1.79 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 202.4 | 142.0 |
| 1 | 1.90 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 170.4 | 154.2 |
| 1 | 2.01 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 172.6 | 166.4 |
| 1 | 2.12 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 109.1 | 178.5 |
| 1 | 2.23 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 111.3 | 190.5 |
| 1 | 2.34 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 0.0 | 113.5 | 202.3 |
| 1 | 0.26 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -30.8 | 6.9 |
| 1 | 0.37 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -28.6 | 10.1 |
| 1 | 0.48 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -26.4 | 13.0 |
| 1 | 0.59 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -65.2 | 18.5 |
| 1 | 0.70 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -63.0 | 25.4 |
| 1 | 0.81 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -83.9 | 24.4 |
| 1 | 0.92 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -81.7 | 22.3 |
| 1 | 1.03 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -79.5 | 19.8 |
| 1 | 1.14 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -96.2 | 19.0 |
| 1 | 1.25 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -94.0 | 18.2 |
| 1 | 1.35 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -106.6 | 18.2 |
| 1 | 1.46 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -104.4 | 19.0 |
| 1 | 1.57 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -113.0 | 12.5 |
| 1 | 1.68 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -110.8 | -9.3 |
| 1 | 1.79 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -108.6 | -31.3 |
| 1 | 1.90 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -113.0 | -50.8 |
| 1 | 2.01 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -110.8 | -69.5 |
| 1 | 2.12 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -112.0 | -85.9 |
| 1 | 2.23 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -109.9 | -97.9 |
| 1 | 2.34 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | 0.0 | -107.7 | -110.2 |

Muri scala Stazione d'emergenza Aeroporto
(pk 8+800): Relazione di calcolo

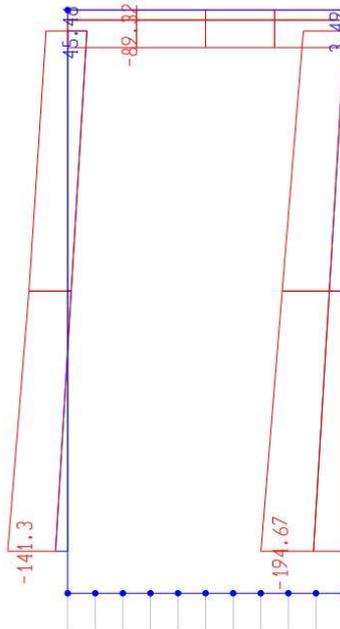
| | | | | | |
|-----------------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| COMMESSA NN1 | LOTTO 1 0 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO FV.05.B.0.004 | REV. B | FOGLIO 52 di 67 |
|-----------------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|

| | | | | | | | |
|---|------|------------------|-------------|-----|--------|--------|--------|
| 2 | 0.20 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 3.5 | -23.8 | 20.1 |
| 2 | 2.68 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | -33.6 | 28.3 | 84.4 |
| 2 | 5.15 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | -70.7 | 165.2 | 126.5 |
| 2 | 0.20 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | -94.5 | -84.7 | -104.7 |
| 2 | 2.68 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | -144.6 | -54.3 | 26.5 |
| 2 | 5.15 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | -194.7 | 10.3 | -157.2 |
| 3 | 0.00 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | -24.0 | 48.5 | 62.7 |
| 3 | 0.65 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | -24.0 | 58.3 | 28.0 |
| 3 | 1.30 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | -24.0 | 68.1 | 10.1 |
| 3 | 1.95 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | -24.0 | 78.0 | 4.1 |
| 3 | 2.60 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | -24.0 | 90.4 | 6.9 |
| 3 | 0.00 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | -89.3 | -48.1 | -66.8 |
| 3 | 0.65 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | -89.3 | -37.1 | -39.5 |
| 3 | 1.30 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | -89.3 | -26.2 | -23.4 |
| 3 | 1.95 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | -89.3 | -16.3 | -65.5 |
| 3 | 2.60 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | -89.3 | -6.5 | -119.4 |
| 4 | 0.20 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 45.5 | 78.0 | 53.6 |
| 4 | 2.68 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | 8.3 | 22.3 | -26.5 |
| 4 | 5.15 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Max | -28.8 | -66.2 | 258.3 |
| 4 | 0.20 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | -51.1 | 23.8 | -72.9 |
| 4 | 2.68 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | -91.2 | -59.4 | -90.4 |
| 4 | 5.15 | ENVELOPE SLU SLV | Combination | Min | -141.3 | -217.1 | -19.3 |

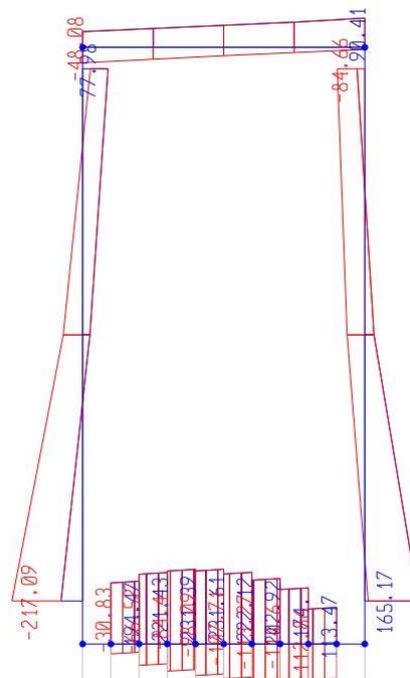


| SEZIONE | P | V2 | M3 |
|---------|-------|-------|-------|
| 01 | 0.0 | 231.1 | 309.6 |
| 02 | 0.0 | 0.0 | 110.2 |
| 03 | 45.5 | 217.1 | 104.7 |
| 04 | 0.0 | 90.4 | 119.4 |
| 05 | 0.0 | 0.0 | 62.7 |
| 06 | -28.8 | 217.1 | 258.3 |

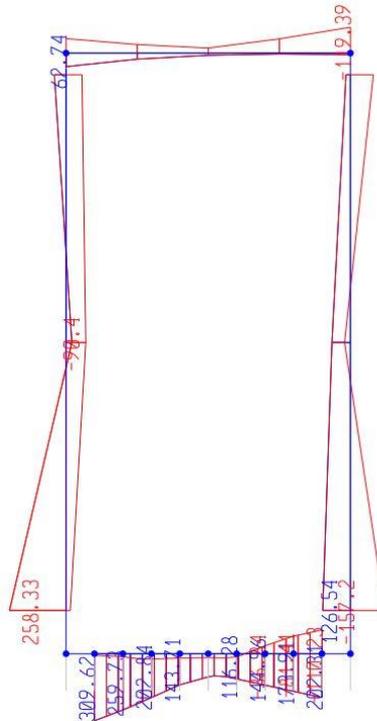
Diagrammi di involuppo delle sollecitazioni: ENVELOPE SLU/SLV



Sforzo normale



Taglio



Momento Flettente

I valori V e M dei diagrammi corrispondono a quelli riportati nella tabella, mentre il valore dello sforzo normale P nei diagrammi (valore massimo) differisce da quello di verifica della tabella, pari a quello di compressione minimo.

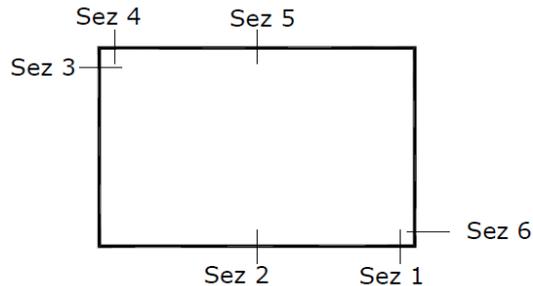
5.5.2. Inviluppo SLE (rara)

| USCITA SAP - INVILUPPO SLE RARA | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------|--------------------|------------------|------------------|---------|----------|------------|
| Text Frame | m Station | Text OutputCase | Text CaseType | Text StepType | KN P | KN V2 | KN-m M3 |
| 1 | 0.26 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 88.9 | 153.5 |
| 1 | 0.36947 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 91.0 | 143.7 |
| 1 | 0.47895 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 93.2 | 133.6 |
| 1 | 0.58842 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 86.9 | 123.8 |
| 1 | 0.69789 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 89.1 | 114.2 |
| 1 | 0.80737 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 82.5 | 104.6 |
| 1 | 0.91684 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 84.7 | 95.4 |
| 1 | 1.02632 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 86.9 | 86.0 |
| 1 | 1.13579 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 77.2 | 77.5 |
| 1 | 1.24526 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 79.4 | 69.0 |
| 1 | 1.35474 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 66.6 | 61.0 |
| 1 | 1.46421 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 68.8 | 54.4 |
| 1 | 1.57368 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 53.0 | 56.9 |
| 1 | 1.68316 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 55.2 | 60.5 |
| 1 | 1.79263 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 57.3 | 63.8 |
| 1 | 1.90211 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 38.4 | 68.0 |
| 1 | 2.01158 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 40.6 | 72.3 |
| 1 | 2.12105 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 6.6 | 77.2 |
| 1 | 2.23053 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 8.8 | 83.1 |
| 1 | 2.34 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Max | 0.0 | 10.9 | 88.8 |
| 1 | 0.26 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | 27.3 | 42.9 |
| 1 | 0.36947 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | 29.4 | 39.8 |
| 1 | 0.47895 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | 31.6 | 36.4 |
| 1 | 0.58842 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | 7.8 | 34.6 |
| 1 | 0.69789 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | 10.0 | 33.6 |
| 1 | 0.80737 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | -4.4 | 32.9 |
| 1 | 0.91684 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | -2.2 | 33.2 |
| 1 | 1.02632 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | 0.0 | 33.4 |
| 1 | 1.13579 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | -13.6 | 34.8 |
| 1 | 1.24526 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | -11.4 | 36.1 |
| 1 | 1.35474 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | -24.1 | 38.1 |
| 1 | 1.46421 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | -21.9 | 39.8 |
| 1 | 1.57368 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | -33.9 | 32.4 |
| 1 | 1.68316 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | -31.7 | 26.4 |
| 1 | 1.79263 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | -29.5 | 20.3 |
| 1 | 1.90211 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | -40.6 | 15.6 |
| 1 | 2.01158 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | -38.4 | 11.3 |
| 1 | 2.12105 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | -55.0 | 8.2 |
| 1 | 2.23053 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | -52.8 | 7.4 |
| 1 | 2.34 | ENVELOPE SLERARA | Combination | Min | 0.0 | -50.6 | 6.3 |

Muri scala Stazione d'emergenza Aeroporto
 (pk 8+800): Relazione di calcolo

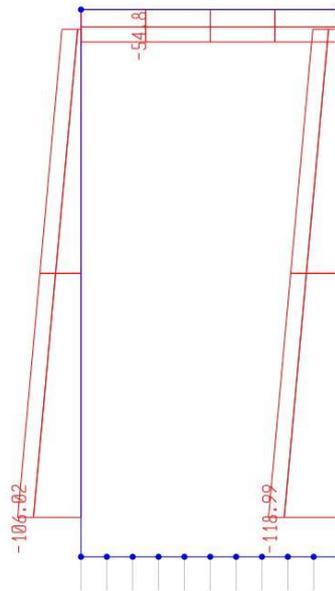
| | | | | | |
|-----------------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| COMMESSA NN1 | LOTTO 1 0 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO FV.05.B.0.004 | REV. B | FOGLIO 56 di 67 |
|-----------------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|

| | | | | | | |
|---|-------|------------------------------|-----|--------|--------|-------|
| 2 | 0.2 | ENVELOPE SLERARA Combination | Max | -18.4 | -26.8 | 1.6 |
| 2 | 2.675 | ENVELOPE SLERARA Combination | Max | -55.5 | 8.6 | 50.5 |
| 2 | 5.15 | ENVELOPE SLERARA Combination | Max | -92.6 | 80.2 | 11.4 |
| 2 | 0.2 | ENVELOPE SLERARA Combination | Min | -44.8 | -52.4 | -42.8 |
| 2 | 2.675 | ENVELOPE SLERARA Combination | Min | -81.9 | -17.0 | 31.7 |
| 2 | 5.15 | ENVELOPE SLERARA Combination | Min | -119.0 | 54.7 | -70.7 |
| 3 | 0 | ENVELOPE SLERARA Combination | Max | -29.2 | -2.4 | 3.7 |
| 3 | 0.65 | ENVELOPE SLERARA Combination | Max | -29.2 | 8.6 | 1.7 |
| 3 | 1.3 | ENVELOPE SLERARA Combination | Max | -29.2 | 19.7 | 1.8 |
| 3 | 1.95 | ENVELOPE SLERARA Combination | Max | -29.2 | 30.7 | 2.6 |
| 3 | 2.6 | ENVELOPE SLERARA Combination | Max | -29.2 | 41.8 | -3.8 |
| 3 | 0 | ENVELOPE SLERARA Combination | Min | -54.8 | -28.8 | -27.3 |
| 3 | 0.65 | ENVELOPE SLERARA Combination | Min | -54.8 | -17.7 | -12.1 |
| 3 | 1.3 | ENVELOPE SLERARA Combination | Min | -54.8 | -6.7 | -13.5 |
| 3 | 1.95 | ENVELOPE SLERARA Combination | Min | -54.8 | 4.3 | -29.9 |
| 3 | 2.6 | ENVELOPE SLERARA Combination | Min | -54.8 | 15.4 | -53.4 |
| 4 | 0.2 | ENVELOPE SLERARA Combination | Max | -5.4 | 48.5 | 20.7 |
| 4 | 2.675 | ENVELOPE SLERARA Combination | Max | -42.5 | 6.3 | -33.3 |
| 4 | 5.15 | ENVELOPE SLERARA Combination | Max | -79.7 | -65.5 | 120.9 |
| 4 | 0.2 | ENVELOPE SLERARA Combination | Min | -31.8 | 29.1 | -13.0 |
| 4 | 2.675 | ENVELOPE SLERARA Combination | Min | -68.9 | -19.5 | -57.4 |
| 4 | 5.15 | ENVELOPE SLERARA Combination | Min | -106.0 | -129.3 | 27.0 |

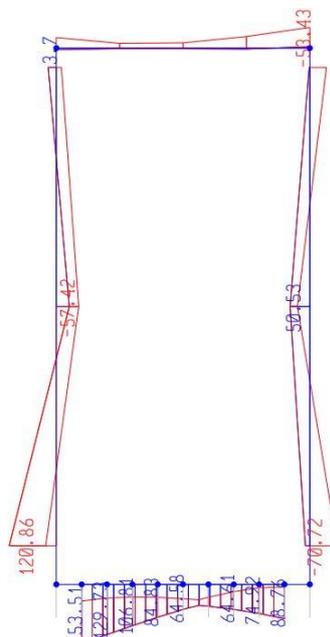


| SEZIONE | P | V2 | M3 |
|---------|-------|-------|-------|
| 01 | 0.0 | 93.2 | 153.5 |
| 02 | 0.0 | 0.0 | 6.3 |
| 03 | -5.4 | 129.3 | 42.8 |
| 04 | 0.0 | 41.8 | 53.4 |
| 05 | 0.0 | 0.0 | 3.7 |
| 06 | -79.7 | 129.3 | 120.9 |

Diagrammi di involuppo delle sollecitazioni: ENVELOPE SLE (rara)



Sforzo normale



Momento Flettente

Il valore M dei diagrammi corrisponde a quello riportato nella tabella, mentre il valore dello sforzo normale P nei diagrammi (valore massimo) differisce da quello di verifica della tabella, pari a quello di compressione minimo.

5.6. VERIFICHE SLU/SLV/SLE

Oggetto:

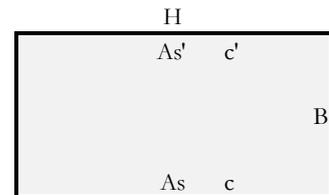
Stazione d'emergenza Aeroporto - Scale - SEZIONE SCATOLARE

Sezione n°. 01

Dati di Input:

| | | | | |
|-----------|--|----------------------|------------------------|----------|
| B | Base sezione rettangolare | 1000 mm | | |
| H | Altezza sezione rettangolare | 800 mm | | |
| c' | Copriferro armatura sup. compressa | 70 mm | | |
| c | Copriferro armatura inf. Tesa | 70 mm | | |
| d | Altezza utile = H-c | 730 mm | | |
| fck | Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo | 30 MPa | | |
| fyk | Resistenza caratt. Snervamento acciaio | 450 MPa | | |
| Ned | Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione] | 0.0 kN | | |
| Med | Momento flettente di calcolo [(+)] | 309.6 kNm | | |
| Ved | Taglio di calcolo [(+)] | 231.1 kN | | |
| Ted | Torsione di calcolo [(+)] | 0 kNm | | |
| Fi1 | 1° diametro armatura tesa | 16 | | |
| Fi2 | 2° diametro armatura tesa | | | |
| n1 | N°. Barre 1° armatura tesa | 10 | Armatura tesa filante | 2011 mmq |
| n2 | N°. Barre 2° armatura tesa | | Armatura di raffittim. | 0 mmq |
| As' | Armatura superiore compressa | 2011 mmq | | |
| As | Armatura inferiore tesa | 2011 mmq | | |
| Fi Staffe | Diametro staffe | mm | | |
| s. Staffe | Passo staffe | 200 mm | | |
| bracci | Numero Bracci staffe | 2 | | |
| cotθ | (proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls | 2.5 [range: 1,0-2,5] | | |
| alpha | angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale | 90.0° | | |
| Asw | Area a taglio per unità di lunghezza | 0 mmq/m | 0.00 cmq/m | |
| <R-F-P> | Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm) | R | | |
| Msle | Momento di esercizio [(+)] | 153.5 kNm | | |
| Nsle | Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione] | 0.0 kN | | |
| wk-lim | Stato limite apertura fessure (Freq.Perm) | 0.20 mm | | |
| sigcR-lim | Tensione limite cls comb. Rara | 0.60 fck | | |
| sigcP-lim | Tensione limite cls comb. Quasi Perm. | 0.45 fck | | |
| sigsR-lim | Tensione limite acc. Comb. Rara | 0.80 fyk | | |

Geometria della Sezione:



Dati di Output:

SLU - Momento e Taglio resistenti

| | | | | |
|-------|---|---------|------------------|-----|
| <S-N> | Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N> | S | Coeff.Sfrutt.Max | 86% |
| Mrd | Momento ultimo resistente | 558 kNm | Coeff.Sfrutt. | 56% |
| Vrd | Taglio ultimo resistente senza staffe | 270 kN | Coeff.Sfrutt. | 86% |
| Vrd | Taglio ultimo resistente | 270 kN | Coeff.Sfrutt. | 86% |
| Trd | Momento torcente ultimo resistente | 0 kNm | Coeff.Sfrutt. | |

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

| | | | | |
|----------|--|---------|---------------|-----|
| Sigs-sup | Tensione barre superiori [(-)Compresso] | -20 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 5% |
| Sigs-inf | Tensione barre inferiori [(+)Teso] | 114 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 32% |
| Sigc-sup | Tensione cls superiore [(-)Compresso] | -2 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 13% |
| Sigc-inf | Tensione cls inferiore [non reag.Trazione] | 0 Mpa | | |
| Mcr | Momento di prima fessurazione | 333 kNm | | |
| wk | Ampiezza di fessura | 0.16 mm | Coeff.Sfrutt. | 79% |

Oggetto:

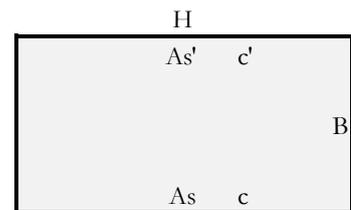
Stazione d'emergenza Aeroporto - Scale - SEZIONE SCATOLARE

Sezione n° 02

Dati di Input:

| | | | |
|-----------|--|--------------------------|------------|
| B | Base sezione rettangolare | 1000 mm | |
| H | Altezza sezione rettangolare | 800 mm | |
| c' | Copriferro armatura sup. compressa | 70 mm | |
| c | Copriferro armatura inf. Tesa | 70 mm | |
| d | Altezza utile = H-c | 730 mm | |
| fck | Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo | 30 MPa | |
| fyk | Resistenza caratt. Snervamento acciaio | 450 MPa | |
| Ned | Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione] | 0.0 kN | |
| Med | Momento flettente di calcolo [(+)] | 110.2 kNm | |
| Ved | Taglio di calcolo [(+)] | 0.0 kN | |
| Ted | Torsione di calcolo [(+)] | 0 kNm | |
| Fi1 | 1° diametro armatura tesa | 16 | |
| Fi2 | 2° diametro armatura tesa | | |
| n1 | N°. Barre 1° armatura tesa | 10 Armatura tesa filante | 2011 mmq |
| n2 | N°. Barre 2° armatura tesa | 0 Armatura di raffittim. | 0 mmq |
| As' | Armatura superiore compressa | 2011 mmq | |
| As | Armatura inferiore tesa | 2011 mmq | |
| Fi Staffe | Diametro staffe | mm | |
| s. Staffe | Passo staffe | 150 mm | |
| bracci | Numero Bracci staffe | 2 | |
| cotθ | (proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls | 2.5 [range: 1,0-2,5] | |
| alpha | angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale | 90.0° | |
| Asw | Area a taglio per unità di lunghezza | 0 mmq/m | 0.00 cmq/m |
| <R-F-P> | Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm) | R | |
| Mslc | Momento di esercizio [(+)] | 6.3 kNm | |
| Nslc | Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione] | 0.0 kN | |
| wk-lim | Stato limite apertura fessure (Freq,Perm) | 0.20 mm | |
| sigcR-lim | Tensione limite cls comb. Rara | 0.60 fck | |
| sigcP-lim | Tensione limite cls comb. Quasi Perm. | 0.45 fck | |
| sigsR-lim | Tensione limite acc. Comb. Rara | 0.80 fyk | |

Geometria della Sezione:



Dati di Output:

SLU - Momento e Taglio resistenti

| | | | | |
|-------|---|---------|------------------|-----|
| <S-N> | Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N> | S | Coeff.Sfrutt.Max | 20% |
| Mrd | Momento ultimo resistente | 558 kNm | Coeff.Sfrutt. | 20% |
| Vrd | Taglio ultimo resistente senza staffe | 270 kN | Coeff.Sfrutt. | 0% |
| Vrd | Taglio ultimo resistente | 270 kN | Coeff.Sfrutt. | 0% |
| Trd | Momento torcente ultimo resistente | 0 kNm | Coeff.Sfrutt. | |

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

| | | | | |
|----------|--|---------|---------------|----|
| Sigs-sup | Tensione barre superiori [(-)Compresso] | -1 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 0% |
| Sigs-inf | Tensione barre inferiori [(+)Teso] | 5 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 1% |
| Sigc-sup | Tensione cls superiore [(-)Compresso] | 0 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 1% |
| Sigc-inf | Tensione cls inferiore [non reag.Trazione] | 0 Mpa | | |
| Mcr | Momento di prima fessurazione | 333 kNm | | |
| wk | Ampiezza di fessura | 0.01 mm | Coeff.Sfrutt. | 3% |

Oggetto:

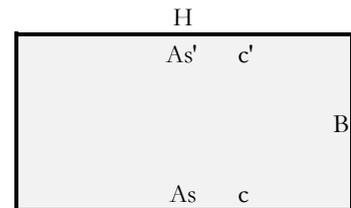
Stazione d'emergenza Aeroporto - Scale - SEZIONE SCATOLARE

Sezione n°. 03

Dati di Input:

| | | | |
|-----------|--|----------------------|--------------------------------|
| B | Base sezione rettangolare | 1000 mm | |
| H | Altezza sezione rettangolare | 600 mm | |
| c' | Copriferro armatura sup. compressa | 70 mm | |
| c | Copriferro armatura inf. Tesa | 70 mm | |
| d | Altezza utile = H-c | 530 mm | |
| fck | Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo | 30 MPa | |
| fyk | Resistenza caratt. Snervamento acciaio | 450 MPa | |
| Ned | Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione] | 45.5 kN | |
| Med | Momento flettente di calcolo [(+)] | 104.7 kNm | |
| Ved | Taglio di calcolo [(+)] | 217.1 kN | |
| Ted | Torsione di calcolo [(+)] | 0 kNm | |
| Fi1 | 1° diametro armatura tesa | 16 | |
| Fi2 | 2° diametro armatura tesa | | |
| n1 | N°. Barre 1° armatura tesa | 10 | Armatura tesa filante 2011 mmq |
| n2 | N°. Barre 2° armatura tesa | 0 | Armatura di raffittim. 0 mmq |
| As' | Armatura superiore compressa | 2011 mmq | |
| As | Armatura inferiore tesa | 2011 mmq | |
| Fi Staffe | Diametro staffe | mm | |
| s. Staffe | Passo staffe | 200 mm | |
| bracci | Numero Bracci staffe | 2 | |
| cotθ | (proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls | 2.5 [range: 1,0-2,5] | |
| alpha | angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale | 90.0° | |
| Asw | Area a taglio per unità di lunghezza | 0 mmq/m | 0.00 cmq/m |
| <R-F-P> | Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm) | R | |
| Mslc | Momento di esercizio [(+)] | 42.8 kNm | |
| Nslc | Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione] | -5.4 kN | |
| wk-lim | Stato limite apertura fessure (Freq,Perm) | 0.20 mm | |
| sigcR-lim | Tensione limite cls comb. Rara | 0.60 fck | |
| sigcP-lim | Tensione limite cls comb. Quasi Perm. | 0.45 fck | |
| sigsR-lim | Tensione limite acc. Comb. Rara | 0.80 fyk | |

Geometria della Sezione:



Dati di Output:

SLU - Momento e Taglio resistenti

| | | | | |
|-------|---|---------|------------------|-----|
| <S-N> | Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N> | S | Coeff.Sfrutt.Max | 97% |
| Mrd | Momento ultimo resistente | 390 kNm | Coeff.Sfrutt. | 27% |
| Vrd | Taglio ultimo resistente senza staffe | 225 kN | Coeff.Sfrutt. | 97% |
| Vrd | Taglio ultimo resistente | 225 kN | Coeff.Sfrutt. | 97% |
| Trd | Momento torcente ultimo resistente | 0 kNm | Coeff.Sfrutt. | |

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

| | | | | |
|----------|--|---------|---------------|-----|
| Sigs-sup | Tensione barre superiori [(-)Compresso] | -8 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 2% |
| Sigs-inf | Tensione barre inferiori [(+)Teso] | 43 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 12% |
| Sigc-sup | Tensione cls superiore [(-)Compresso] | -1 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 6% |
| Sigc-inf | Tensione cls inferiore [non reag.Trazione] | 0 Mpa | | |
| Mcr | Momento di prima fessurazione | 191 kNm | | |
| wk | Ampiezza di fessura | 0.06 mm | Coeff.Sfrutt. | 28% |

Muri scala Stazione d'emergenza Aeroporto
 (pk 8+800): Relazione di calcolo

| | | | | | |
|-----------------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|
| COMMESSA NN1 | LOTTO 1 0 D 78 | CODIFICA CL | DOCUMENTO FV.05.B.0.004 | REV. B | FOGLIO 61 di 67 |
|-----------------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------|--------------------|

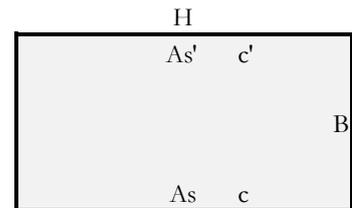
Oggetto:

Stazione d'emergenza Aeroporto - Scale - SEZIONE SCATOLARE

Sezione n°. 04

Dati di Input:

| | | | | |
|-----------|--|----------------------|------------------------|----------|
| B | Base sezione rettangolare | 1000 mm | | |
| H | Altezza sezione rettangolare | 400 mm | | |
| c' | Copriferro armatura sup. compressa | 70 mm | | |
| c | Copriferro armatura inf. Tesa | 70 mm | | |
| d | Altezza utile = H-c | 330 mm | | |
| fck | Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo | 30 MPa | | |
| fyk | Resistenza caratt. Snervamento acciaio | 450 MPa | | |
| Ned | Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione] | 0.0 kN | | |
| Med | Momento flettente di calcolo [(+)] | 119.4 kNm | | |
| Ved | Taglio di calcolo [(+)] | 90.4 kN | | |
| Ted | Torsione di calcolo [(+)] | 0 kNm | | |
| Fi1 | 1° diametro armatura tesa | 16 | | |
| Fi2 | 2° diametro armatura tesa | | | |
| n1 | N°. Barre 1° armatura tesa | 10 | Armatura tesa filante | 2011 mmq |
| n2 | N°. Barre 2° armatura tesa | | Armatura di raffittim. | 0 mmq |
| As' | Armatura superiore compressa | 2011 mmq | | |
| As | Armatura inferiore tesa | 2011 mmq | | |
| Fi Staffe | Diametro staffe | mm | | |
| s. Staffe | Passo staffe | 150 mm | | |
| bracci | Numero Bracci staffe | 2 | | |
| cotθ | (proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls | 2.5 [range: 1,0-2,5] | | |
| alpha | angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale | 90.0° | | |
| Asw | Area a taglio per unità di lunghezza | 0 mmq/m | 0.00 cmq/m | |
| <R-F-P> | Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm) | R | | |
| Msl | Momento di esercizio [(+)] | 53.4 kNm | | |
| Nsl | Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione] | 0.0 kN | | |
| wk-lim | Stato limite apertura fessure (Freq.Perm) | 0.20 mm | | |
| sigR-lim | Tensione limite cls comb. Rara | 0.60 fck | | |
| sigP-lim | Tensione limite cls comb. Quasi Perm. | 0.45 fck | | |
| sigsR-lim | Tensione limite acc. Comb. Rara | 0.80 fyk | | |

Geometria della Sezione:

Dati di Output:
SLU - Momento e Taglio resistenti

| | | | | |
|-------|---|---------|------------------|-----|
| <S-N> | Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N> | S | Coeff.Sfrutt.Max | 49% |
| Mrd | Momento ultimo resistente | 243 kNm | Coeff.Sfrutt. | 49% |
| Vrd | Taglio ultimo resistente senza staffe | 186 kN | Coeff.Sfrutt. | 49% |
| Vrd | Taglio ultimo resistente | 186 kN | Coeff.Sfrutt. | 49% |
| Trd | Momento torcente ultimo resistente | 0 kNm | Coeff.Sfrutt. | |

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

| | | | | |
|----------|--|---------|---------------|-----|
| Sigs-sup | Tensione barre superiori [(-)Compresso] | -15 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 4% |
| Sigs-inf | Tensione barre inferiori [(+)Teso] | 92 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 26% |
| Sigc-sup | Tensione cls superiore [(-)Compresso] | -3 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 16% |
| Sigc-inf | Tensione cls inferiore [non reag.Trazione] | 0 Mpa | | |
| Mcr | Momento di prima fessurazione | 87 kNm | | |
| wk | Ampiezza di fessura | 0.10 mm | Coeff.Sfrutt. | 49% |

Oggetto:

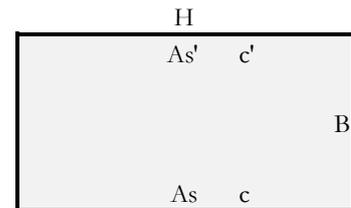
Stazione d'emergenza Aeroporto - Scale - SEZIONE SCATOLARE

Sezione n° 05

Dati di Input:

| | | | | |
|-----------|--|--------------------------|------------|--|
| B | Base sezione rettangolare | 1000 mm | | |
| H | Altezza sezione rettangolare | 400 mm | | |
| c' | Copriferro armatura sup. compressa | 70 mm | | |
| c | Copriferro armatura inf. Tesa | 70 mm | | |
| d | Altezza utile = H-c | 330 mm | | |
| fck | Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo | 30 MPa | | |
| fyk | Resistenza caratt. Snervamento acciaio | 450 MPa | | |
| Ned | Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione] | 0.0 kN | | |
| Med | Momento flettente di calcolo [(+)] | 62.7 kNm | | |
| Ved | Taglio di calcolo [(+)] | 0.0 kN | | |
| Ted | Torsione di calcolo [(+)] | 0 kNm | | |
| Fi1 | 1° diametro armatura tesa | 16 | | |
| Fi2 | 2° diametro armatura tesa | | | |
| n1 | N°. Barre 1° armatura tesa | 10 Armatura tesa filante | 2011 mmq | |
| n2 | N°. Barre 2° armatura tesa | 0 Armatura di raffittim. | 0 mmq | |
| As' | Armatura superiore compressa | 2011 mmq | | |
| As | Armatura inferiore tesa | 2011 mmq | | |
| Fi Staffe | Diametro staffe | mm | | |
| s. Staffe | Passo staffe | 150 mm | | |
| bracci | Numero Bracci staffe | 2 | | |
| cotθ | (proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls | 2.5 [range: 1,0-2,5] | | |
| alpha | angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale | 90.0° | | |
| Asw | Area a taglio per unità di lunghezza | 0 mmq/m | 0.00 cmq/m | |
| <R-F-P> | Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm) | R | | |
| Mslc | Momento di esercizio [(+)] | 3.7 kNm | | |
| Nslc | Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione] | 0.0 kN | | |
| wk-lim | Stato limite apertura fessure (Freq,Perm) | 0.20 mm | | |
| sigcR-lim | Tensione limite cls comb. Rara | 0.60 fck | | |
| sigcP-lim | Tensione limite cls comb. Quasi Perm. | 0.45 fck | | |
| sigsR-lim | Tensione limite acc. Comb. Rara | 0.80 fyk | | |

Geometria della Sezione:



Dati di Output:

SLU - Momento e Taglio resistenti

| | | | | |
|-------|---|---------|------------------|-----|
| <S-N> | Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N> | S | Coeff.Sfrutt.Max | 26% |
| Mrd | Momento ultimo resistente | 243 kNm | Coeff.Sfrutt. | 26% |
| Vrd | Taglio ultimo resistente senza staffe | 186 kN | Coeff.Sfrutt. | 0% |
| Vrd | Taglio ultimo resistente | 186 kN | Coeff.Sfrutt. | 0% |
| Trd | Momento torcente ultimo resistente | 0 kNm | Coeff.Sfrutt. | |

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

| | | | | |
|----------|--|---------|---------------|----|
| Sigs-sup | Tensione barre superiori [(-)Compresso] | -1 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 0% |
| Sigs-inf | Tensione barre inferiori [(+)Teso] | 6 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 2% |
| Sigc-sup | Tensione cls superiore [(-)Compresso] | 0 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 1% |
| Sigc-inf | Tensione cls inferiore [non reag.Trazione] | 0 Mpa | | |
| Mcr | Momento di prima fessurazione | 87 kNm | | |
| wk | Ampiezza di fessura | 0.01 mm | Coeff.Sfrutt. | 3% |

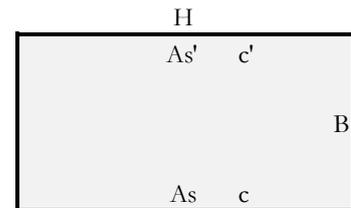
Oggetto:

Stazione d'emergenza Aeroporto - Scale - SEZIONE SCATOLARE

Sezione n°. 06

Dati di Input:

| | | | |
|-----------|--|--------------------------|------------|
| B | Base sezione rettangolare | 1000 mm | |
| H | Altezza sezione rettangolare | 600 mm | |
| c' | Copriferro armatura sup. compressa | 70 mm | |
| c | Copriferro armatura inf. Tesa | 70 mm | |
| d | Altezza utile = H-c | 530 mm | |
| fck | Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo | 30 MPa | |
| fyk | Resistenza caratt. Snervamento acciaio | 450 MPa | |
| Ned | Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione] | -28.8 kN | |
| Med | Momento flettente di calcolo [(+)] | 258.3 kNm | |
| Ved | Taglio di calcolo [(+)] | 217.1 kN | |
| Ted | Torsione di calcolo [(+)] | 0 kNm | |
| Fi1 | 1° diametro armatura tesa | 16 | |
| Fi2 | 2° diametro armatura tesa | 0 | |
| n1 | N°. Barre 1° armatura tesa | 10 Armatura tesa filante | 2011 mmq |
| n2 | N°. Barre 2° armatura tesa | 0 Armatura di raffittim. | 0 mmq |
| As' | Armatura superiore compressa | 2011 mmq | |
| As | Armatura inferiore tesa | 2011 mmq | |
| Fi Staffe | Diametro staffe | 0 mm | |
| s. Staffe | Passo staffe | 200 mm | |
| bracci | Numero Bracci staffe | 2 | |
| cotθ | (proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls | 2.5 [range: 1,0-2,5] | |
| alpha | angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale | 90.0° | |
| Asw | Area a taglio per unità di lunghezza | 0 mmq/m | 0.00 cmq/m |
| <R-F-P> | Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm) | R | |
| Mslc | Momento di esercizio [(+)] | 120.9 kNm | |
| Nslc | Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione] | -79.7 kN | |
| wk-lim | Stato limite apertura fessure (Freq.Perm) | 0.20 mm | |
| sigcR-lim | Tensione limite cls comb. Rara | 0.60 fck | |
| sigcP-lim | Tensione limite cls comb. Quasi Perm. | 0.45 fck | |
| sigsR-lim | Tensione limite acc. Comb. Rara | 0.80 fyk | |

Geometria della Sezione:

Dati di Output:
SLU - Momento e Taglio resistenti

| | | | | |
|-------|---|---------|------------------|-----|
| <S-N> | Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N> | S | Coeff.Sfrutt.Max | 92% |
| Mrd | Momento ultimo resistente | 407 kNm | Coeff.Sfrutt. | 63% |
| Vrd | Taglio ultimo resistente senza staffe | 235 kN | Coeff.Sfrutt. | 92% |
| Vrd | Taglio ultimo resistente | 235 kN | Coeff.Sfrutt. | 92% |
| Trd | Momento torcente ultimo resistente | 0 kNm | Coeff.Sfrutt. | |

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

| | | | | |
|----------|--|---------|---------------|-----|
| Sigs-sup | Tensione barre superiori [(-)Compresso] | -26 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 7% |
| Sigs-inf | Tensione barre inferiori [(+)Teso] | 106 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 30% |
| Sigc-sup | Tensione cls superiore [(-)Compresso] | -3 Mpa | Coeff.Sfrutt. | 17% |
| Sigc-inf | Tensione cls inferiore [non reag.Trazione] | 0 Mpa | | |
| Mcr | Momento di prima fessurazione | 199 kNm | | |
| wk | Ampiezza di fessura | 0.14 mm | Coeff.Sfrutt. | 69% |

Si riportano i coefficienti di sfruttamento nelle sezioni notevoli per le verifiche SLU/SLV/SLE:

| SINTESI VERIFICHE SEZIONI NOTEVOLI: | | | | | | | |
|--|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SL | VERIF | SEZ01 | SEZ02 | SEZ03 | SEZ04 | SEZ05 | SEZ06 |
| SLU | Med/Mrd | 56% | 20% | 27% | 49% | 26% | 63% |
| SLU | Ved/Vrd | 86% | 0% | 97% | 49% | 0% | 92% |
| SLE | (sigse/sigsr)s | 5% | 0% | 2% | 4% | 0% | 7% |
| SLE | (sigse/sigsr)i | 32% | 1% | 12% | 26% | 2% | 30% |
| SLE | (sigce/sigcr)s | 13% | 1% | 6% | 16% | 1% | 17% |
| SLE | wk/wklim | 79% | 3% | 28% | 49% | 3% | 69% |
| | MAX | 86% | 20% | 97% | 49% | 26% | 92% |
| | MAX | 97% | | | | | |

I coefficienti di sfruttamento sono tutti inferiori all'unità e pertanto le verifiche risultano soddisfatte.

5.7. ARMATURE DI RIPARTIZIONE

Le armature di ripartizione delle pareti e della soletta vengono dimensionate per sostenere gli effetti del ritiro igrometrico i quali generano una trazione pura per deformazioni impedita a causa della soletta inferiore gettata precedentemente e che può aver dissipato tali effetti.

La ϵ ritiro induce nel calcestruzzo una tensione di trazione superiore alla sua resistenza a trazione, ne deriva la fessurazione e il trasferimento di tutta la trazione sull'acciaio teso. Per ottenere delle fessure uniformemente distribuite e non concentrate in alcuni punti con ampiezze macroscopiche, si applica un principio di non plasticizzazione delle armature. Per limitare l'ampiezza delle fessure, pur distribuite, che si ottengono applicando tale principio, si applica quanto previsto al § 7.3.2 dell'Eurocodice 2 - UNI EN 1992 1-1: "Aree minime di armatura", in particolare la formula (7.1):

$$A_{s,min} \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}$$

dove:

$A_{s,min}$ è l'area minima di armatura nella zona tesa;

A_{ct} è l'area di calcestruzzo nella zona tesa. La zona tesa è quella parte della sezione che risulta in trazione subito dopo la formazione della prima fessura; è pari a tutta l'area della sezione per trazione pura, alla metà per flessione;

σ_s è la massima tensione ammessa nell'armatura subito dopo la formazione della fessura. Tale tensione può essere assunta pari alla tensione di snervamento f_{yk} dell'armatura. Può essere però necessario fissare un valore minore per soddisfare i limiti di apertura delle fessure secondo il massimo diametro o la massima spaziatura tra le barre (vedere punto 7.3.3).

$f_{ct,eff}$ è il valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo al momento in cui si suppone insorgano le prime fessure;

$f_{ct,eff} = f_{ctm}$ se la formazione delle fessure è prevista prima di 28d;

k è il coefficiente che tiene conto degli effetti di tensioni auto-equilibrate non uniformi, $k=1$

k_c è il coefficiente che tiene conto del tipo di distribuzione delle tensioni all'interno della sezione subito prima della fessurazione e della variazione del braccio di leva; $k_c=1$ per trazione, $k_c=0,4$ per flessione, $k_c = 0,4 \cdot (1 - \text{funz}(\sigma_c))$ nel caso flessione combinata con sforzo normale.

| | | |
|---|--------------------------------|------------------------|
| base della sezione | | 1000 mm |
| altezza della sezione | | 400 mm |
| area sezione calcestruzzo | A_{ct} | 400000 mm ² |
| tensione di snervamento acciaio | f_{yk} | 450 Mpa |
| resist. Caratt. Cilindrica cls a compressione | f_{ck} | 30 Mpa |
| tensione resistente cls a trazione | $f_{ct,eff}=0,3(f_{ck})^{2/3}$ | 2.90 Mpa |
| coefficiente k_c | k_c | 1.00 |
| coefficiente k | k | 1.00 |
| area minima acciaio teso nella sezione | $A_{s,min}$ | 2575 mm ² |

P.to 7.3.3 EC2 1992:1-1): Dove è disposta l'armatura minima indicata al punto 7.3.2, le ampiezze delle fessure non dovrebbero essere eccessive se: per fessurazione causata principalmente da deformazioni impedito, il diametro delle barre non eccede quello dato nel prospetto 7.2N, dove la tensione nell'acciaio è quella che si ha subito dopo la fessurazione [cioè il termine σ_s nell'espressione (7.1)];

prospetto 7.2N

Diametri massimi delle barre ϕ^*_s per il controllo della fessurazione¹⁾

| Tensione nell'acciaio ²⁾ [MPa] | Diametro massimo delle barre [mm] | | |
|--|-----------------------------------|----------------|----------------|
| | $w_k = 0,4$ mm | $w_k = 0,3$ mm | $w_k = 0,2$ mm |
| 160 | 40 | 32 | 25 |
| 200 | 32 | 25 | 16 |
| 240 | 20 | 16 | 12 |
| 280 | 16 | 12 | 8 |
| 320 | 12 | 10 | 6 |
| 360 | 10 | 8 | 5 |
| 400 | 8 | 6 | 4 |
| 450 | 6 | 5 | - |

1) I valori nel prospetto sono basati sulle seguenti assunzioni:
 $c = 25$ mm; $f_{ct,eff} = 2,9$ MPa; $h_{cr} = 0,5$; $(h - d) = 0,1$ h; $k_1 = 0,8$; $k_2 = 0,5$; $k_c = 0,4$; $k = 1,0$; $k_t = 0,4$ e $k' = 1,0$.

2) Sotto la combinazione di carico pertinente.

Il diametro massimo delle barre si raccomanda sia modificato come segue:

Trazione (la sezione è tutta tesa):

$$\phi_s = \phi^*_s (f_{ct,eff} / 2,9) h_{cr} / (8(h-d)) \quad (7.7N)$$

dove:

ϕ_s è il diametro massimo "modificato" delle barre;

ϕ^*_s è il diametro massimo dato nel prospetto 7.2N;

h è l'altezza totale della sezione;

h_{cr} è l'altezza della zona tesa subito prima della fessurazione, considerando i valori caratteristici della forza di precompressione e delle forze assiali sotto la combinazione di azioni quasi-permanente;

d è l'altezza utile valutata rispetto al baricentro dello strato più esterno di armatura ordinaria.

Se tutta la sezione è tesa $h-d$ è la minima distanza tra il baricentro dello strato di armatura e il lembo esterno della sezione (considerare ciascun lembo se la barra non è disposta simmetricamente).

Verifica armatura trasversale:

| | | | | |
|--|--------------|----------------------|------------|----------------------|
| diametro barre trasversali | Φ trasv | 16 mm | < F_s | Verifica soddisfatta |
| passo barre trasversali | passo | 100 mm | | |
| N.strati barre trasvers. (sup.+inf.+intermedi) | n.strati | 2 | | |
| Area barre trasversali | A_s | 4021 mm ² | | |
| stato tensionale barre dopo fessurazione | σ_s | 288 mm ² | < f_{yk} | Verifica soddisfatta |
| ϕ barre da tabella 7.2N x σ_s e $w_k=0,2$ mm | ϕ^*_s | 6 mm | | |
| altezza zona tesa prima della fessurazione | h_{cr} | 400 mm | | |
| altezza totale sezione | h | 400 mm | | |
| copriferro (asse barre) | c | 50 mm | | |
| altezza utile sezione | d | 350 mm | | |
| diametro massimo modificato utilizzabile | ϕ_s | 24 mm | (= F_s) | |

5.8. RIEPILOGO E INCIDENZA ARMATURE

A seguire il riepilogo delle armature del tombino:

| | | | |
|-----------------------------------|-----------------|--|----------------------|
| Pareti di spessore | 60 cm | | |
| con armatura principale esterna | F16 /100 | | 2011 mm ² |
| con armatura principale interna | F16 /100 | | 2011 mm ² |
| Soletta superiore di spessore | 40 cm | | |
| con armatura principale superiore | F16 /100 | | 2011 mm ² |
| con armatura principale inferiore | F16 /100 | | 2011 mm ² |
| Soletta inferiore di spessore | 80 cm | | |
| con armatura principale superiore | F16 /100 | | 2011 mm ² |
| con armatura principale inferiore | F16 /100 | | 2011 mm ² |

Le pareti non necessitano di armatura a taglio.

La soletta superiore non necessita di armatura a taglio.

La soletta inferiore non necessita di armatura a taglio.

(Le armature a taglio sono state disposte ove non risultano soddisfatte le verifiche con V_{rd} senza armatura a taglio)

Le armature di ripartizione sono:

| | Armature di ripartizione: | Area: | % Arm. principale: |
|-------------------|---------------------------|------------------------|------------------------------|
| Pareti | F16 /100 2 strati | 4021.2 mm ² | 100% di 4021 mm ² |
| Soletta superiore | F16 /100 2 strati | 4021.2 mm ² | 100% di 4021 mm ² |
| Soletta inferiore | F16 /100 2 strati | 4021.2 mm ² | 100% di 4021 mm ² |

Incidenza armature:

| | | | | | |
|--------------------|------|--------------------|---------------------|--------|--------|
| | | Spessore piedritti | Sp | 0.60 m | |
| Larghezza utile | Lint | 2.00 m | Spessore soletta | Ss | 0.40 m |
| Altezza libera | Hint | 4.95 m | Spessore fondazione | Sf | 0.80 m |
| incidenza sovrapp. | | 20% | copriferro | c | 0.07 m |

| Elem. | Ø1 sup/int [mm] | pass1 [mm] | Ø2 sup/int [mm] | pass2 [mm] | Ø3 inf/ext [mm] | pass3 [mm] | Ø4 inf/ext [mm] | pass4 [mm] | Øleg [mm] | Øleg pass1 [mm] | Øleg pass2 [mm] |
|-----------|-----------------------|---------------|--------------------|-----------------|-----------------------|---------------|-----------------------|---------------|--------------|-----------------------|-----------------------|
| piedritto | 16 | 100 | 0 | 1000 | 16 | 100 | 0 | 1000 | 0 | 1000 | 1000 |
| soletta | 16 | 100 | 0 | 1000 | 16 | 100 | 0 | 1000 | 0 | 1000 | 1000 |
| fondaz. | 16 | 100 | 0 | 1000 | 16 | 100 | 0 | 1000 | 0 | 1000 | 1000 |
| ripartiz. | 16 | 100 | x | 2 strati | | | | | | | |

| Elem. | LØ [m] | Lleg [mm] | Vol [m ³] | Peso [kg] | incd [kg/m ³] | Inc% |
|---------------|--------|-----------|-----------------------|--------------|------------------------------|-------------|
| piedritto | 6.93 | 0.66 | 3.0 | 263 | 88 | 36% |
| soletta | 3.58 | 0.46 | 1.3 | 136 | 106 | 9% |
| fondaz. | 4.38 | 0.86 | 2.6 | 166 | 65 | 11% |
| ripartiz. | | | 9.8 | 617 | 63 | 43% |
| TOTALE | | | 9.8 | 1444 | 148 | 100% |