

S.S. 45bis - Gardesana Occidentale

Opere di costruzione della galleria in variante tra il km 86+567 e il km 88+800 finalizzata a sottendere le attuali gallerie ogivali a sezione ristretta

PROGETTO DEFINITIVO

COD. MI92

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA:

*Dott. Ing. Antonio Scalamandrè
Ordine Ing. di Frosinone n. 1063*

IL GEOLOGO

*Dott. Geol. Serena Majetta
Ordine Geol. di Roma n. 928*

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

*Dott. Ing. Laura Troiani
Ordine Ing. di Roma n. 31890*

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. Fabio Quondam

ViSTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Giancarlo Luongo

PROTOCOLLO

DATA

OPERE D'ARTE

SCATOLARE IDRAULICO TORRENTE VALLE DELLA TORRE

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

| CODICE PROGETTO | | NOME FILE .pdf | | REVISIONE | SCALA |
|-----------------|-------------|-------------------|----------|------------|-----------|
| PROGETTO | LIV. PROG. | CODICE ELAB. | | | |
| DPMI0092 | D 18 | T00TM01STRRE01 | | A | - |
| D | | | | | |
| C | | | | | |
| B | | | | | |
| A | EMISSIONE | | Gen 2020 | | |
| REV. | DESCRIZIONE | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |

| INDICE | | Pagina |
|---------------|---|---------------|
| 1 | INQUADRAMENTO GENERALE | 4 |
| 1.1 | DESCRIZIONE DELL'OPERA | 5 |
| 2 | NORMATIVE DI RIFERIMENTO | 7 |
| 3 | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 8 |
| 3.1 | CALCESTRUZZO | 8 |
| 3.2 | ACCIAIO PER ARMATURA LENTA | 8 |
| 4 | PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO | 9 |
| 5 | MODELLO DI CALCOLO | 10 |
| 6 | ANALISI DEI CARICHI | 12 |
| 6.1 | PESI PROPRI STRUTTURALI | 12 |
| 6.2 | SOVRACCARICHI PERMANENTI | 12 |
| 6.3 | SPINTA DEL TERRENO | 12 |
| 6.4 | SOVRACCARICHI VARIABILI SULLA COPERTURA | 12 |
| 6.5 | FRENATURA | 15 |
| 6.6 | AZIONE TERMICA | 15 |
| 6.7 | RITIRO | 15 |
| 6.8 | AZIONI SISMICHE | 17 |
| 6.8.1 | Forze sismiche orizzontali | 17 |
| 6.8.2 | Spinta del terreno in fase sismica | 17 |
| 7 | CARICHI ELEMENTARI E LORO COMBINAZIONI | 18 |
| 7.1 | CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI | 18 |
| 7.2 | COMBINAZIONI DI CARICO | 18 |
| 8 | SOLLECITAZIONI | 23 |
| 9 | VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE | 25 |
| 9.1 | SOLETTA SUPERIORE IN CAMPATA | 25 |
| 9.2 | SOLETTA SUPERIORE ALL'INCASTRO | 26 |
| 9.3 | PIEDRITTO ALLO SPICCATO | 27 |
| 9.4 | PIEDRITTO IN SOMMITA' | 28 |
| 9.5 | SOLETTA INFERIORE IN CAMPATA | 29 |

| | | |
|-----------|---------------------------------------|-----------|
| 9.6 | SOLETTA INFERIORE ALL'INCASTRO | 30 |
| 10 | VERIFICHE TAGLIO | 31 |
| 11 | VERIFICHE DI FESSURAZIONE | 32 |
| 11.1 | SOLETTA SUPERIORE IN CAMPATA | 32 |
| 11.2 | SOLETTA SUPERIORE ALL'INCASTRO | 33 |
| 11.3 | PIEDRITTO ALLO SPICCATO | 34 |
| 11.4 | PIEDRITTO IN SOMMITA' | 35 |
| 11.5 | SOLETTA INFERIORE IN CAMPATA | 36 |
| 11.6 | SOLETTA INFERIORE ALL'INCASTRO | 37 |
| 11.7 | RIEPILOGO FESSURAZIONE | 38 |
| 12 | VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO | 39 |

1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Oggetto della presente relazione di calcolo è il nuovo scatolare idraulico posto in corrispondenza dell'imbocco Sud della galleria.

Il tombino è realizzato con una struttura scatolare in c.a. avente lunghezza totale di circa 21.9 m e larghezza netta costante pari a 4.0 m; l'altezza interna varia da un minimo di 2.40 m ad un massimo di 4.53 m in corrispondenza del soprastante attraversamento stradale della S.S. 45.

I piedritti ed il traverso superiore sono realizzati con spessore di 60 cm, mentre la zattera di fondazione, che non presenta risvolti laterali, ha un'altezza di 70 cm.

Si riportano di seguito i parametri di progetto e la geometria del tombino in esame, il cui dimensionamento è effettuato per la sezione trasversale più sollecitata, ovvero quella di massima altezza.

Caratteristiche materiali e terreno

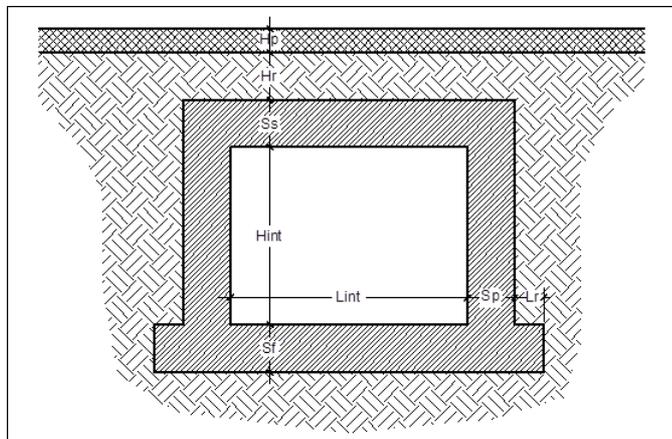
| | | | |
|---|-----------|------------|-------------------|
| Calcestruzzo armato - Peso specifico | γ | 25 | kN/m ³ |
| Calcestruzzo armato - Tipo | | C30/37 | |
| Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica | R_{ck} | 37 | N/mm ² |
| Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica | f_{ck} | 30.7 | N/mm ² |
| Calcestruzzo armato - Modulo elastico | E | 33000 | N/mm ² |
| Pacchetto stradale - Peso specifico | γ | 24 | kN/m ³ |
| Terreno del rilevato - Peso specifico | γ | 20 | kN/m ³ |
| Terreno del rilevato - Angolo di attrito | φ | 32 | ° |
| Terreno di fondazione | K_w | 7000 | kN/m ³ |
| Condizioni ambientali per ver. a fessurazione | | aggressive | |

Ricoprimento

| | | | |
|-----------------------------|-------|------|---|
| Spessore pacchetto stradale | H_p | 0.12 | m |
| Spessore del rinterro | H_r | 1.30 | m |

Geometria

| | | | |
|--------------------------------|-----------|------|---|
| Spessore soletta superiore | S_s | 0.60 | m |
| Spessore soletta di fondazione | S_f | 0.70 | m |
| Spessore piedritti | S_p | 0.60 | m |
| Altezza netta | H_{int} | 4.55 | m |
| Larghezza netta | L_{int} | 4.00 | m |
| Lunghezza risvolti sol. inf. | L_r | 0.00 | m |



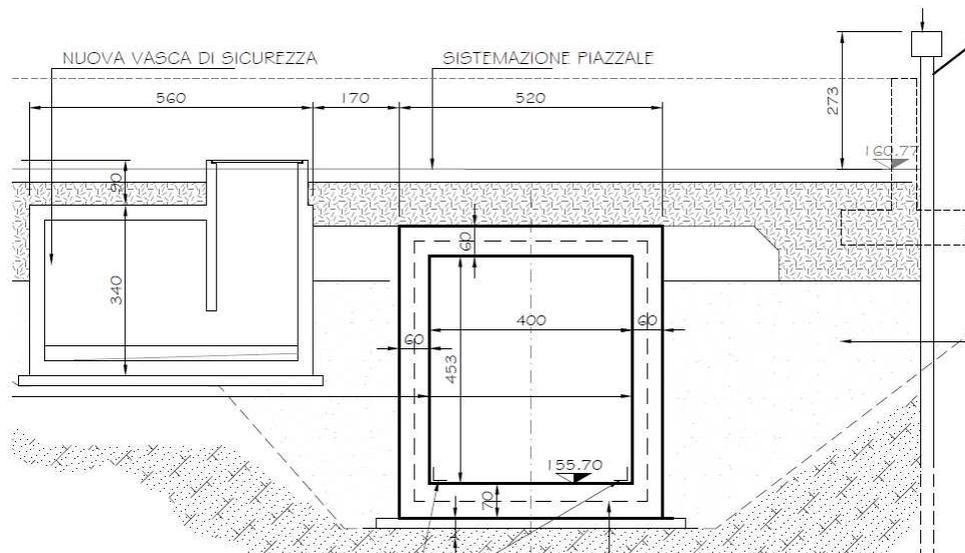


Figura 2: Sezione trasversale tombino

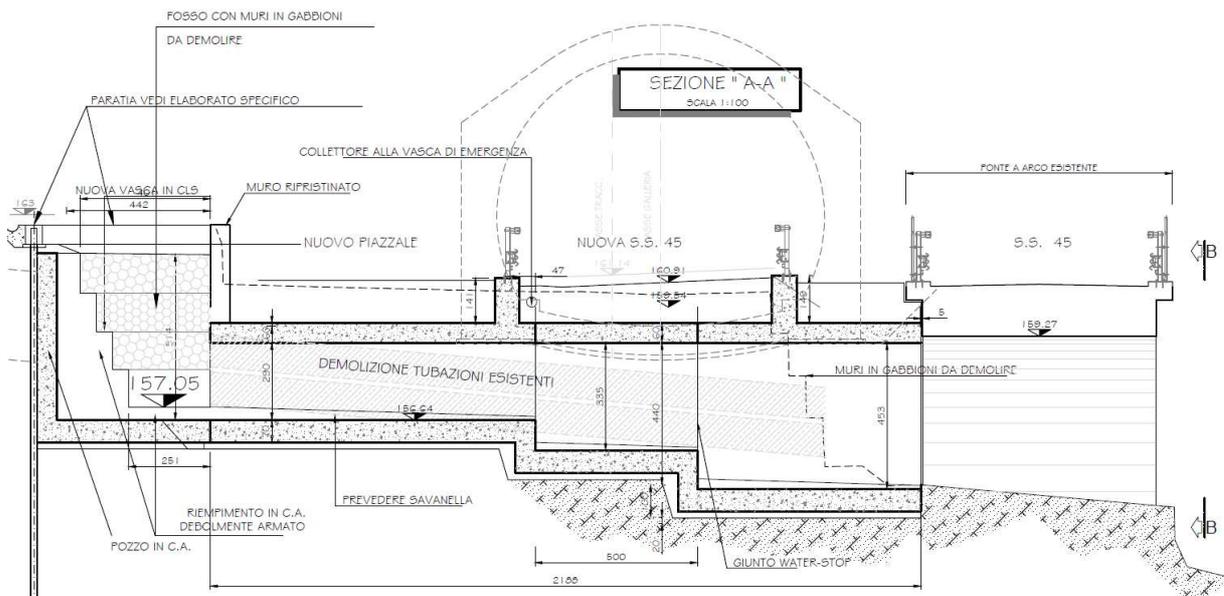


Figura 3: Sezione longitudinale tombino

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Nella progettazione sono state prese in considerazione le normative di seguito riportate:

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Decreto del ministero dei Lavori Pubblici 9 gennaio 1996 - Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 15 Ottobre 1996, n. 252 AA.GG/STC -Istruzioni per l'applicazione delle «Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al decreto ministeriale del 9 Gennaio 1996».
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 16 gennaio 1996 – Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 4 luglio 1996, n. 156 AA.GG/STC – Istruzioni per l'applicazione delle «Norme Tecniche relative ai Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi» di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996.
- Legge 5 febbraio 1974, n. 64 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 24 settembre 1988 – Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione.
- Decreto Ministero Infrastrutture 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.
- Circolare Ministero Infrastrutture 02 febbraio 2009 n.617 - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- Decreto Ministero Infrastrutture 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni.
- Circolare Ministero Infrastrutture 21 gennaio 2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.
- Eurocodici UNI EN 1990:2006; UNI EN 1991; UNI EN 1992; UNI EN 1997; UNI EN 1998.
- Calcestruzzo - specificazione, prestazione, produzione e conformità (UNI EN 206-1:2006).

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO

La classe di esposizione prevista per l'opera risulta XC2/XA1, per la quale è richiesta una classe di resistenza minima del calcestruzzo C30/37.

Il copriferro minimo prescritto è pari a 40 mm.

| Calcestruzzo - Rif. UNI EN 1992 - 1 - 1 : 2005 | | |
|---|----------------------|-------------|
| Resistenza caratteristica cubica | R_{ck} | 37 [MPa] |
| Resistenza caratteristica cilindrica | f_{ck} | 30 [MPa] |
| Coefficiente di sicurezza parziale per il calcestruzzo | γ_c | 1.5 [-] |
| Coefficiente che tiene conto degli effetti di lungo termine | α_{cc} | 0.85 [-] |
| Valore medio della resistenza a compressione cilindrica | f_{cm} | 38 [MPa] |
| Valore medio della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo | f_{ctm} | 2.9 [MPa] |
| Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale (frattile 5%) | $f_{ctk,0,05}$ | 2.0 [MPa] |
| Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale (frattile 95%) | $f_{ctk,0,95}$ | 3.8 [MPa] |
| Modulo di elasticità secante del calcestruzzo | E_{cm} | 32837 [MPa] |
| Deformazione di contrazione nel calcestruzzo alla tensione f_c | ϵ_{c1} | 0.0020 [-] |
| Deformazione ultima di contrazione nel calcestruzzo | ϵ_{cu} | 0.0035 [-] |
| Resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo | f_{cd} | 17.00 [MPa] |
| Resistenza di progetto a trazione del calcestruzzo | f_{ctd} | 1.35 [MPa] |
| Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica | $\sigma_{c,caratt.}$ | 18 [MPa] |
| Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente | $\sigma_{c,q.p.}$ | 13.5 [MPa] |

3.2 ACCIAIO PER ARMATURA LENTA

| Acciaio - Rif. UNI EN 1992 - 1 - 1 : 2005 | | |
|---|-----------------|--------------|
| Resistenza a snervamento dell'acciaio | f_{yk} | 450 [MPa] |
| Coefficiente di sicurezza parziale per l'acciaio | γ_s | 1.15 [-] |
| Modulo di elasticità secante dell'acciaio | E_s | 200000 [MPa] |
| Deformazione a snervamento dell'acciaio | ϵ_{yd} | 0.001957 [-] |
| Deformazione ultima dell'acciaio | ϵ_{su} | 0.01 [-] |
| Resistenza di progetto a trazione dell'acciaio | f_{yd} | 391.3 [MPa] |
| Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS | σ_s | 360 [MPa] |

4 PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

I parametri geotecnici considerati sono i seguenti:

- Peso specifico terreno $\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$
- Angolo attrito interno $\phi = 32^\circ$
- Modulo elastico $E = 35 \text{ MPa}$

Il coefficiente di sottofondo alla Winkler è determinato secondo la formulazione di Vesic (1961):

Calcolo costante sottofondo

| | | |
|-------------------------|-------|------------------------------|
| coefficiente di Poisson | ν | 0.2 |
| larghezza fondazione | B | 5.2 m |
| modulo elastico terreno | E | 35 N/mm ² |
| | | 35000 kN/m ² |
| costante di sottofondo | K_w | 7011 kN/m³ |

5 MODELLO DI CALCOLO

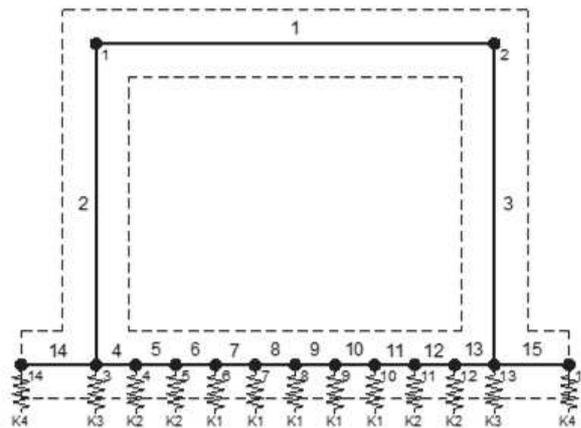
Come modello di calcolo si è assunto lo schema statico di telaio chiuso, analizzato attraverso un'analisi elastico-lineare mediante il programma di calcolo agli elementi finiti "CsiBridge v19.2.1" della *Computer and Structures Inc.*

Tale telaio viene discretizzato con elementi "frame" di larghezza unitaria, mentre il suolo viene modellato facendo ricorso all'usuale artificio delle molle elastiche alla Winkler. La soletta inferiore è divisa in 12 elementi per poter schematizzare, tramite le molle applicate, l'interazione terreno struttura:

| | | | |
|-----------------------|-------|------|-----------------|
| Terreno di fondazione | K_w | 7000 | kN/m^3 |
|-----------------------|-------|------|-----------------|

Rigidezze molle

| | | | | |
|------------------|-------|--|-------|---------------|
| Interasse molle | i | $(0.60/2 + 4.00 + 0.60/2) / 10 =$ | 0.46 | m |
| Molle centrali | K_1 | $7000 \cdot 0.46 =$ | 3'220 | kN/m |
| Molle intermedie | K_2 | $1.5 \cdot 7000 \cdot 0.46 =$ | 4'830 | kN/m |
| Molle laterali | K_3 | $2.0 \cdot 7000 \cdot (0.46/2 + 0.60/2) =$ | 7'420 | kN/m |
| Molle risolto | K_4 | - | 0 | kN/m |



Lo schema statico della struttura e la relativa numerazione dei nodi e delle aste sono riportati nelle seguenti figure.

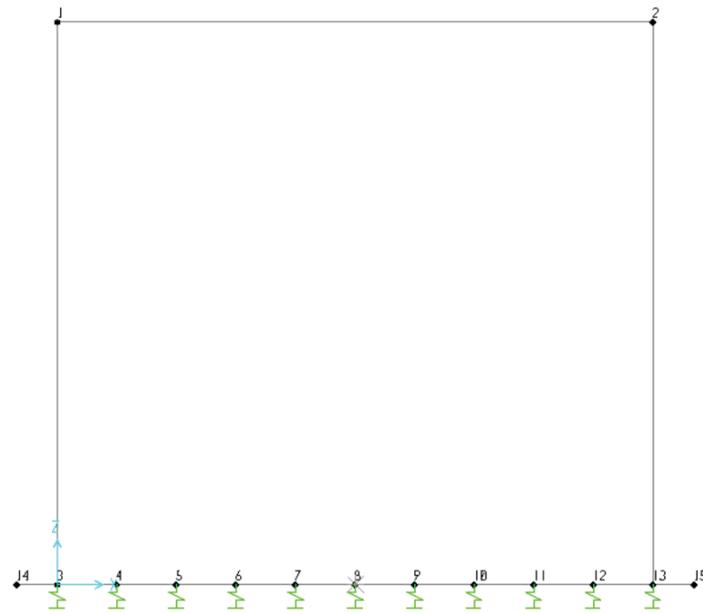


Figura 4: Numerazione nodi

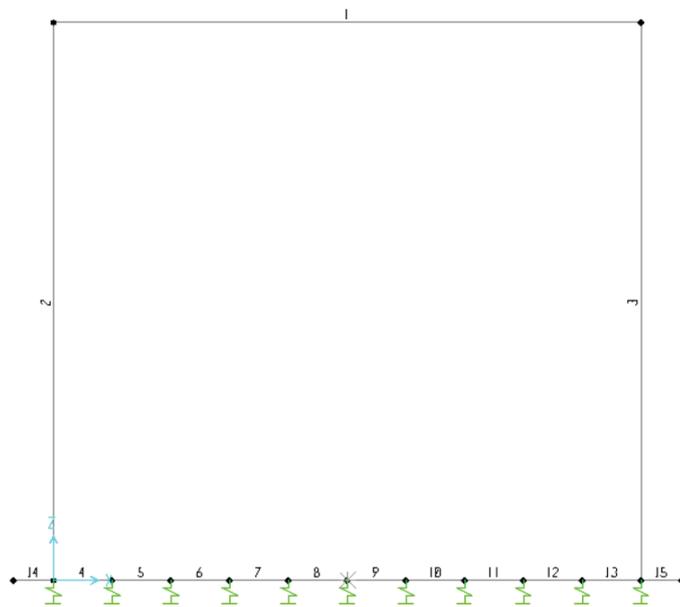


Figura 5: Numerazione aste

6 ANALISI DEI CARICHI

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

6.1 PESI PROPRI STRUTTURALI

Il peso proprio della struttura in c.a. è computato automaticamente dal software di calcolo considerando per il calcestruzzo armato un peso specifico pari a $\gamma=25.0 \text{ kN/m}^3$.

6.2 SOVRACCARICHI PERMANENTI

I carichi permanenti sono rappresentati dal rinterro e dalla pavimentazione stradale.

Carichi permanenti

Soletta superiore

| | | | | |
|-------------------------|----|-------------------|--------------|-----------------------------------|
| Peso pacchetto stradale | Ps | $0.12 \cdot 24 =$ | 2.88 | kN/m^2 |
| Peso del rinterro | Pr | $1.30 \cdot 20 =$ | 26.00 | kN/m^2 |
| Totale | | | 28.88 | kN/m^2 |

6.3 SPINTA DEL TERRENO

La spinta del terreno viene considerata in regime di spinta a riposo, assumendo condizioni di spinta bilanciata (spinta SX ed DX sfavorevoli) e sbilanciata (spinta SX favorevole e DX sfavorevole) sui piedritti al fine di massimizzare le sollecitazioni.

Sul rilevato ai lati del tombino si considera un sovraccarico accidentale di 20 kN/m^2 .

Spinta del terreno

| | | | | |
|---|----|---|--------------|-----------------------------------|
| K0 | | $1 - \text{sen}(32^\circ) =$ | 0.470 | |
| Spinta alla quota di estradosso sol. sup. | p1 | $0.470 \cdot 28.88 =$ | 13.58 | kN/m^2 |
| Spinta in asse sol. sup. | p2 | $0.470 \cdot (28.88 + 20 \cdot 0.60/2) =$ | 16.40 | kN/m^2 |
| Spinta in asse sol. inf. | p3 | $0.470 \cdot [28.88 + 20 \cdot (0.60/2 + 4.55 + 0.70/2)] =$ | 65.28 | kN/m^2 |
| Spinta alla quota di intradosso sol. inf. | p4 | $0.470 \cdot [28.88 + 20 \cdot (0.60/2 + 4.55 + 0.70)] =$ | 68.58 | kN/m^2 |
| Spinta semispessore sol. sup. | F1 | $(13.58 + 16.40)/2 \cdot 0.60/2$ | 4.50 | kN/m |
| Spinta semispessore sol. inf. | F2 | $(65.28 + 68.58)/2 \cdot 0.70/2$ | 23.43 | kN/m |

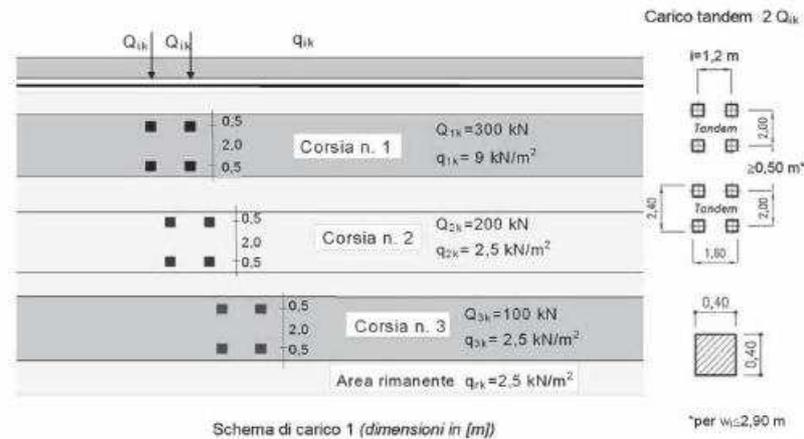
Spinta del carico accidentale

| | | | | |
|---|---|------------------|-------------|-----------------------------------|
| Spinta dovuta a $q = 20 \text{ kN/m}^2$ | p | $0.470 \cdot 20$ | 9.40 | kN/m^2 |
|---|---|------------------|-------------|-----------------------------------|

6.4 SOVRACCARICHI VARIABILI SULLA COPERTURA

Si considerano agenti sul rinterro al di sopra della copertura i carichi stradali da traffico definiti dal cap. 5 delle NTC.

In particolare, secondo quanto specificato al par. C5.1.3.3.5.1 della Circolare n.7 del 2019, si applica lo schema di carico 1 in cui, per semplicità, i carichi tandem sono sostituiti da carichi uniformemente distribuiti equivalenti, applicati su una superficie rettangolare larga 3.00 m e lunga 2.20 m.



L'asse stradale risulta ortogonale all'asse del tombino ed i carichi da traffico vengono diffusi verticalmente sia in direzione longitudinale che trasversale dal piano stradale sino al piano medio della soletta superiore.

Si assume una diffusione del carico nel terreno con angolo di 30°, ed attraverso la pavimentazione e lo spessore della soletta secondo un angolo di 45°.

La larghezza di diffusione viene tuttavia ridotta, da un lato, a causa dell'eventuale presenza della seconda colonna di carico, prevista dallo schema di normativa, in adiacenza alla prima.

Carichi accidentali sulla copertura

Tandem

| | | | |
|-------------------------|-----------------|---|-------------------------------|
| Ldiffusione x | | 2.20 | m |
| Ldiffusione y | | 3.00 | m |
| Impronta di carico x | Ld1 | $2.20 + 2 \cdot (0.12 + \tan 30^\circ \cdot 1.30 + 0.60/2) =$ | 4.54 m |
| Impronta di carico y | Ld2 | $3.00 + 1 \cdot (0.12 + \tan 30^\circ \cdot 1.30 + 0.60/2) =$ | 4.17 m |
| Impronta sull'impalcato | | $4.54 \cdot 4.17 =$ | 18.94 m ² |
| carico q1 (totale) | | | 600 kN |
| carico q1 (ripartito) | Q _{1k} | $600 / 18.94 =$ | 31.68 kN/m² |

Carico distribuito

| | | | |
|-----------------|---|-------------|-------------------------|
| Ld3 | $3.00 + 1 \cdot (0.12 + \tan 30^\circ \cdot 1.30 + 0.60/2) =$ | 4.17 | m |
| q _{1k} | $9.00 \cdot (3.00 / 4.17) =$ | 6.47 | kN/m² |

Si prendono in considerazione due differenti disposizioni dei carichi mobili, illustrate nelle figure seguenti, tali da massimizzare rispettivamente la sollecitazione flettente ed il taglio sul traverso.

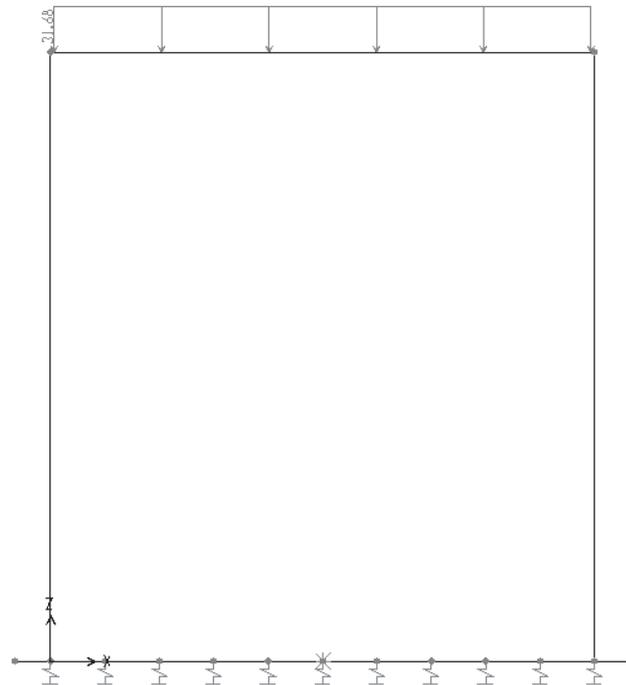


Figura 6: Carichi tandem – CdC Mmax

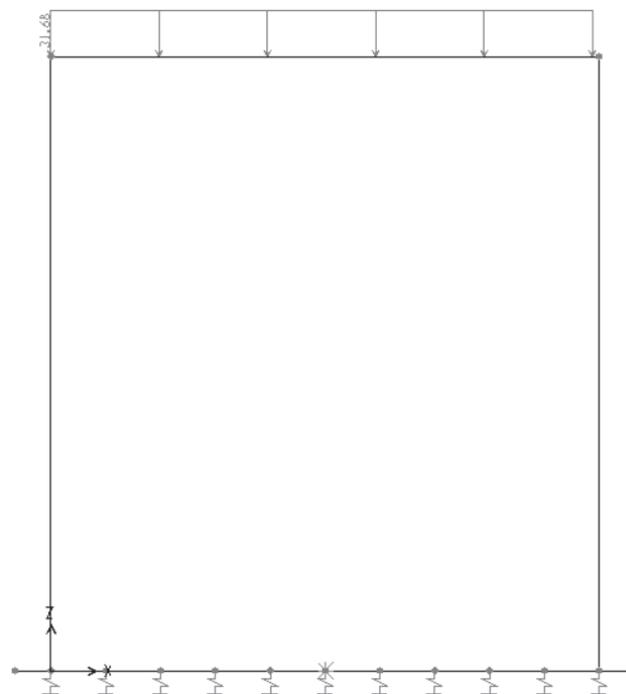


Figura 7: Carichi tandem – CdC Vmax

Si evidenzia che, nel caso in questione, le due condizioni di carico sono praticamente coincidenti.

6.5 FRENATURA

La forza di frenamento q_3 è valutata con la formulazione fornita al par. 5.1.3.5 delle NTC.

Tale azione viene applicata alla soletta superiore dello scatolare, distribuendo il valore del carico frenante sulla larghezza di diffusione in direzione trasversale.

Frenamento q_3

$$q_3 \quad q_3 \quad 180 < 0.6(2Q_{1k}) + 0.10q_{1k} \cdot w \cdot L < 900 \text{ kN} \quad \mathbf{89.69 \quad kN/m}$$

6.6 AZIONE TERMICA

Si considera una variazione termica uniforme ed una differenziale applicate alla soletta superiore, di seguito valutate.

| Variazioni termiche | | |
|---|--------------------------------|--------------|
| Zona termica | | I |
| Quota del suolo sul livello del mare | a_s | 0 m |
| Temperatura massima dell'aria all'ombra | T_{max} | 42.0 °C |
| Temperatura minima dell'aria all'ombra | T_{min} | -15.0 °C |
| Variazione termica uniforme | | |
| Temperatura interna scatolare - Estate | $T_{in,sum}$ | 31 °C |
| Temperatura interna scatolare - Inverno | $T_{in,win}$ | 5 °C |
| Profondità sotto la quota campagna | | minore di 1m |
| Temperatura indicativa esterna - Estate | $T_{out,sum}$ | 8 °C |
| Temperatura indicativa esterna - Inverno | $T_{out,win}$ | -5 °C |
| Temperatura media attuale | T | 19.5 °C |
| Temperatura iniziale | T_0 | 10 °C |
| Variazione termica uniforme calcolata | $\Delta t_{u,calc}$ | 9.5 °C |
| Variazione termica uniforme assunta | ΔT_u | 10 °C |
| Variazione termica differenziale | | |
| Variazione termica differenziale calcolata | $\Delta t_{M,calc}$ | 23 °C |
| Variazione termica differenziale assunta | Δt_M | 24 °C |
| Variazione termica a farfalla equivalente | $\pm \Delta T$ | 12 °C |

6.7 RITIRO

Si considera una variazione termica uniforme equivalente applicata al traverso, di seguito calcolata.

| Ritiro della soletta | | |
|--|-----------|-------------------------|
| Deformazione da ritiro | | |
| Spessore soletta superiore | h_{sol} | 60 cm |
| Resistenza caratteristica cubica del cls | R_{ck} | 35 N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica del cls | f_{ck} | 29.05 N/mm ² |
| Resistenza media a compressione del cls | f_{cm} | 37.05 N/mm ² |
| Tipo di cemento | | N |

| | | |
|--|-----------------------------------|------------------------|
| Coefficienti dipendenti dal tipo di cemento | α_{ds1} | 4 |
| | α_{ds2} | 0.12 |
| Umidità relativa | RH | 70 % |
| Coefficiente per umidità relativa | β_{RH} | 1.018 |
| Deformazione base per ritiro da essiccamento | ϵ_{cd0} | 0.000366 |
| Area della sezione trasversale di cls | A_c | 600000 mm ² |
| Perimetro della sezione esposto all'aria | u | 2000 mm |
| Dimensione fittizia della sezione | h_0 | 600.00 mm |
| Valore di k_h per interpolazione lineare | k_h | 0.700 |
| Età del cls al momento considerato | t | 20833 gg |
| Età del cls all'inizio del ritiro da essiccamento | t_s | 1 gg |
| Coefficiente dipendente dal tempo | $\beta_{ds}(t;t_s)$ | 0.973 |
| Deformazione per ritiro da essiccamento | $\epsilon_{cd}(t)$ | 0.000249 |
| Coefficiente dipendente dal tempo | $\beta_{as}(t)$ | 1.00 |
| Deformazione da ritiro autogeno | $\epsilon_{ca}(t)$ | 0.000048 |
| Deformazione totale da ritiro calcolata | $\epsilon_{cs}(t)$ | 0.000297 |
| Deformazione totale da ritiro assunta | ϵ_{cs} | 0.0003 |
| Variazione termica equivalente al ritiro ($E_c/3$) | ΔT_{r} | -10 °C |

6.8 AZIONI SISMICHE

In merito alle opere scatolari di cui trattasi, rientrando tra le opere che si muovono con il terreno (par. 7.9.2.1), si può ritenere che la struttura debba mantenere sotto l'azione sismica un comportamento elastico, senza subire amplificazione dell'accelerazione al suolo.

6.8.1 Forze sismiche orizzontali

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico, con cui l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico:

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

con $\beta_m = 1.0$ per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno.

Sisma orizzontale

| Stato limite | Salvaguardia della vita - SLU - | | SLV |
|---|---------------------------------|--|-------------------------------|
| Vita nominale | Vr | | 50 anni |
| Classe d'uso | Cu | | IV |
| accelerazione orizzontale | a_g/g | | 0.202 |
| amplificazione spettrale | Fo | | 2.495 |
| Categoria sottosuolo | A, B, C, D, E | | E |
| Coeff. Amplificazione stratigrafica | Ss | | 1.446 |
| Coeff. Amplificazione topografica | St | | 1.2 |
| Coefficiente S | S | = Ss · St | 1.735 |
| accelerazione orizzontale max | a_{max}/g | = $a_g/g \cdot S$ | 0.350 |
| Fattore di struttura | q | | 1.00 |
| Forza orizz. sul s. di cop. dovuta a perm+0.2acc. | FHs | $0.350 \cdot (0.60 \cdot 25 + 28.88 + 0.2 \cdot 37.75) / 1.00 =$ | 18.02 kN/m² |
| Forza orizz. sui piedritti | FHp | $0.350 \cdot (0.60 \cdot 25) / 1.00 =$ | 5.26 kN/m² |

6.8.2 Spinta del terreno in fase sismica

L'incremento dinamico di spinta del terreno è calcolato adottando la trattazione di Wood valida per opere che subiscono piccoli spostamenti, che va a sommarsi alle all'azione statica valutata in condizioni di spinta a riposo.

Si assume che tale incremento sia applicato a metà altezza dello scatolare.

Spinta del terreno in fase sismica (Wood)

| | | | |
|----------------------------------|--------------|--|-------------------------------|
| Coefficiente sismico orizzontale | k_h | = a_{max}/g | 0.350 |
| Coefficiente sismico verticale | k_v | = $\pm 0.5 \cdot k_h$ | 0.175 |
| Risultante della spinta sismica | ΔS_E | = $\Delta p_E \cdot (Hint+Ss+Sf)$ | 293.14 kN/m |
| Pressione risultante | Δp_E | = $(a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (Hr+Hint+Ss+Sf)$ | 50.11 kN/m² |

7 CARICHI ELEMENTARI E LORO COMBINAZIONI

7.1 CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

| | |
|---------|--|
| PERM | Carichi permanenti (pavimentazione + rinterro) |
| Q1k-M | Carico accid. Q1k sul solettone di copertura (disposizione per Mmax) |
| Q1k-T | Carico accid. Q1k sul solettone di copertura (disposizione per Vmax) |
| Q2 | Carico acc. q1k sul solettone di copertura (disposizione per Vmax) |
| Q3 | Frenamento |
| SPTSX | Spinta del terreno sulla parete SX |
| SPTDX | Spinta del terreno sulla parete DX |
| SPACCSX | Spinta del carico accid. sulla parete SX |
| SPACCDX | Spinta del carico accid. sulla parete DX |
| TERM | Variazione termica uniforme e a farfalla sul solettone sup. |
| RITIRO | Variazione termica equivalente al ritiro sul solettone sup. |
| SISMAH | Azione sismica (forze d'inerzia) |
| SPSDX | Incremento sismico della spinta del terreno sulla parete DX |

7.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Le condizioni di carico di cui al paragrafo precedente sono state combinate secondo quanto indicato dalle norme tecniche sulle costruzioni NTC18:

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

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

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

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

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali) quando, nella modellazione utilizzata, contribuiscono al comportamento dell'opera con le loro caratteristiche di peso, resistenza e rigidezza.

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, si considerano le combinazioni riportate in Tab. 5.1.IV delle NTC.

La Tab. 5.1.V fornisce i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

I valori dei coefficienti ψ per le diverse categorie di azioni sono riportati nella Tab. 5.1.VI.

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

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

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

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

| | | Coefficiente | EQU ⁽¹⁾ | A1 | A2 |
|--|-------------|---|---------------------|---------------------|------|
| Azioni permanenti g_1 e g_3 | favorevoli | γ_{G1} e γ_{G3} | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,10 | 1,35 | 1,00 |
| Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2 | favorevoli | γ_{G2} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Azioni variabili da traffico | favorevoli | γ_Q | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,35 | 1,35 | 1,15 |
| Azioni variabili | favorevoli | γ_{Qi} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Distorsioni e presollecitazioni di progetto | favorevoli | γ_{e1} | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,00 ⁽³⁾ | 1,00 ⁽⁴⁾ | 1,00 |
| Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari | favorevoli | γ_{e2} , γ_{e3} , γ_{e4} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,20 | 1,20 | 1,00 |

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

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

Si riportano a seguire le combinazioni di carico utilizzate ai fini del calcolo della struttura in oggetto.

| Gruppo | N | PERM | Q1k-M | Q1k-T | Q2 | Q3 | SPTSX | SPTDX | SPACCSX | SPACCDX | TERM | RITIRO | SISMAH | SPSDX | | |
|--------|-----|------|----------|-------|------|------|-------|-------|---------|---------|------|--------|--------|-------|---|---|
| S 1- | 11M | 01 | 01S1-11M | 1.35 | 1.35 | 0 | 1.35 | 0 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 |
| S 1- | 11T | 02 | 02S1-11T | 1.35 | 0 | 1.35 | 1.35 | 0 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 |
| S 1- | 12M | 03 | 03S1-12M | 1.35 | 1.35 | 0 | 1.35 | 0 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0.9 | 0 | 0 | 0 |
| S 1- | 12T | 04 | 04S1-12T | 1.35 | 0 | 1.35 | 1.35 | 0 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0.9 | 0 | 0 | 0 |
| S 1- | 13M | 05 | 05S1-13M | 1.35 | 1.35 | 0 | 1.35 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.35 | 0.9 | 0 | 0 | 0 |
| S 1- | 13T | 06 | 06S1-13T | 1.35 | 0 | 1.35 | 1.35 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.35 | 0.9 | 0 | 0 | 0 |
| S 1- | 14- | 07 | 07S1-14- | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0.9 | 0 | 0 | 0 |
| S 1- | 15- | 08 | 08S1-15- | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.35 | 0.9 | 0 | 0 | 0 |
| S 1- | 21M | 09 | 09S1-21M | 1.35 | 1.35 | 0 | 1.35 | 0 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 |
| S 1- | 21T | 10 | 10S1-21T | 1.35 | 0 | 1.35 | 1.35 | 0 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 |
| S 1- | 22M | 11 | 11S1-22M | 1.35 | 1.35 | 0 | 1.35 | 0 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 |
| S 1- | 22T | 12 | 12S1-22T | 1.35 | 0 | 1.35 | 1.35 | 0 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 |
| S 1- | 23M | 13 | 13S1-23M | 1.35 | 1.35 | 0 | 1.35 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.35 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 |
| S 1- | 23T | 14 | 14S1-23T | 1.35 | 0 | 1.35 | 1.35 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.35 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 |
| S 1- | 24- | 15 | 15S1-24- | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 |
| S 1- | 25- | 16 | 16S1-25- | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 1.35 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 |
| S 1T | 11M | 17 | 17S1T11M | 1.35 | 1.01 | 0 | 0.54 | 0 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 |
| S 1T | 11T | 18 | 18S1T11T | 1.35 | 0 | 1.01 | 0.54 | 0 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 |

SCATOLARE IDRAULICO - Relazione Tecnica e di Calcolo

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|-----|----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|---|---|
| S | 1T | 12M | 19 | 19S1T12M | 1.35 | 1.01 | 0 | 0.54 | 0 | 1.35 | 1.35 | 0.54 | 0.54 | 1.5 | 0 | 0 | 0 |
| S | 1T | 12T | 20 | 20S1T12T | 1.35 | 0 | 1.01 | 0.54 | 0 | 1.35 | 1.35 | 0.54 | 0.54 | 1.5 | 0 | 0 | 0 |
| S | 1T | 13M | 21 | 21S1T13M | 1.35 | 1.01 | 0 | 0.54 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0.54 | 1.5 | 0 | 0 | 0 |
| S | 1T | 13T | 22 | 22S1T13T | 1.35 | 0 | 1.01 | 0.54 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0.54 | 1.5 | 0 | 0 | 0 |
| S | 1T | 14- | 23 | 23S1T14- | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.35 | 1.35 | 0.54 | 0.54 | 1.5 | 0 | 0 | 0 |
| S | 1T | 15- | 24 | 24S1T15- | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0.54 | 1.5 | 0 | 0 | 0 |
| S | 1T | 21M | 25 | 25S1T21M | 1.35 | 1.01 | 0 | 0.54 | 0 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -1.5 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 1T | 21T | 26 | 26S1T21T | 1.35 | 0 | 1.01 | 0.54 | 0 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -1.5 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 1T | 22M | 27 | 27S1T22M | 1.35 | 1.01 | 0 | 0.54 | 0 | 1.35 | 1.35 | 0.54 | 0.54 | -1.5 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 1T | 22T | 28 | 28S1T22T | 1.35 | 0 | 1.01 | 0.54 | 0 | 1.35 | 1.35 | 0.54 | 0.54 | -1.5 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 1T | 23M | 29 | 29S1T23M | 1.35 | 1.01 | 0 | 0.54 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0.54 | -1.5 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 1T | 23T | 30 | 30S1T23T | 1.35 | 0 | 1.01 | 0.54 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0.54 | -1.5 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 1T | 24- | 31 | 31S1T24- | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.35 | 1.35 | 0.54 | 0.54 | -1.5 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 1T | 25- | 32 | 32S1T25- | 1.35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0.54 | -1.5 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 2- | 11M | 33 | 33S2-11M | 1.35 | 1.01 | 0 | 0.54 | 1.35 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 |
| S | 2- | 11T | 34 | 34S2-11T | 1.35 | 0 | 1.01 | 0.54 | 1.35 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 |
| S | 2- | 12M | 35 | 35S2-12M | 1.35 | 1.01 | 0 | 0.54 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0.54 | 0.54 | 0.9 | 0 | 0 | 0 |
| S | 2- | 12T | 36 | 36S2-12T | 1.35 | 0 | 1.01 | 0.54 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0.54 | 0.54 | 0.9 | 0 | 0 | 0 |
| S | 2- | 13M | 37 | 37S2-13M | 1.35 | 1.01 | 0 | 0.54 | 1.35 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0.54 | 0.9 | 0 | 0 | 0 |
| S | 2- | 13T | 38 | 38S2-13T | 1.35 | 0 | 1.01 | 0.54 | 1.35 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0.54 | 0.9 | 0 | 0 | 0 |
| S | 2- | 21M | 39 | 39S2-21M | 1.35 | 1.01 | 0 | 0.54 | 1.35 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 2- | 21T | 40 | 40S2-21T | 1.35 | 0 | 1.01 | 0.54 | 1.35 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 2- | 22M | 41 | 41S2-22M | 1.35 | 1.01 | 0 | 0.54 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0.54 | 0.54 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 2- | 22T | 42 | 42S2-22T | 1.35 | 0 | 1.01 | 0.54 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0.54 | 0.54 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 2- | 23M | 43 | 43S2-23M | 1.35 | 1.01 | 0 | 0.54 | 1.35 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0.54 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 2- | 23T | 44 | 44S2-23T | 1.35 | 0 | 1.01 | 0.54 | 1.35 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0.54 | -0.9 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 2T | 11M | 45 | 45S2T11M | 1.35 | 1.01 | 0 | 0.54 | 0 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 |
| S | 2T | 11T | 46 | 46S2T11T | 1.35 | 0 | 1.01 | 0.54 | 0 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 |
| S | 2T | 12M | 47 | 47S2T12M | 1.35 | 1.01 | 0 | 0.54 | 0 | 1.35 | 1.35 | 0.54 | 0.54 | 1.5 | 0 | 0 | 0 |
| S | 2T | 12T | 48 | 48S2T12T | 1.35 | 0 | 1.01 | 0.54 | 0 | 1.35 | 1.35 | 0.54 | 0.54 | 1.5 | 0 | 0 | 0 |
| S | 2T | 13M | 49 | 49S2T13M | 1.35 | 1.01 | 0 | 0.54 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0.54 | 1.5 | 0 | 0 | 0 |
| S | 2T | 13T | 50 | 50S2T13T | 1.35 | 0 | 1.01 | 0.54 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0.54 | 1.5 | 0 | 0 | 0 |
| S | 2T | 21M | 51 | 51S2T21M | 1.35 | 1.01 | 0 | 0.54 | 0 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -1.5 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 2T | 21T | 52 | 52S2T21T | 1.35 | 0 | 1.01 | 0.54 | 0 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0 | -1.5 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 2T | 22M | 53 | 53S2T22M | 1.35 | 1.01 | 0 | 0.54 | 0 | 1.35 | 1.35 | 0.54 | 0.54 | -1.5 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 2T | 22T | 54 | 54S2T22T | 1.35 | 0 | 1.01 | 0.54 | 0 | 1.35 | 1.35 | 0.54 | 0.54 | -1.5 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 2T | 23M | 55 | 55S2T23M | 1.35 | 1.01 | 0 | 0.54 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0.54 | -1.5 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | 2T | 23T | 56 | 56S2T23T | 1.35 | 0 | 1.01 | 0.54 | 0 | 1.00 | 1.35 | 0 | 0.54 | -1.5 | 1.2 | 0 | 0 |
| S | ED | 1- | 57 | 57SED1- | 1 | 0.2 | 0 | 0.2 | 0 | 0.7 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 1 | 1 |
| S | ED | 2- | 58 | 58SED2- | 1 | 0.2 | 0 | 0.2 | 0 | 0.7 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 1 | 1 |

SCATOLARE IDRAULICO - Relazione Tecnica e di Calcolo

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|-----|----|----------|---|------|------|-----|---|---|-----|-----|-----|-----|------|---|---|---|
| O | 1- | 11- | 59 | 5901-11- | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| O | 1- | 12- | 60 | 6001-12- | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| O | 1- | 13- | 61 | 6101-13- | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.7 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| O | 1- | 21- | 62 | 6201-21- | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 0 | 0 |
| O | 1- | 22- | 63 | 6301-22- | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 0 | 0 |
| O | 1- | 23- | 64 | 6401-23- | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.7 | 1 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 0 | 0 |
| F | 1- | 11M | 65 | 65F1-11M | 1 | 0.75 | 0 | 0.4 | 0 | 0 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| F | 1- | 11T | 66 | 66F1-11T | 1 | 0 | 0.75 | 0.4 | 0 | 0 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| F | 1- | 12M | 67 | 67F1-12M | 1 | 0.75 | 0 | 0.4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| F | 1- | 12T | 68 | 68F1-12T | 1 | 0 | 0.75 | 0.4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| F | 1- | 13M | 69 | 69F1-13M | 1 | 0.75 | 0 | 0.4 | 0 | 0 | 0.7 | 1 | 0 | 0.4 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| F | 1- | 13T | 70 | 70F1-13T | 1 | 0 | 0.75 | 0.4 | 0 | 0 | 0.7 | 1 | 0 | 0.4 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| F | 1- | 14- | 71 | 71F1-14- | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| F | 1- | 15- | 72 | 72F1-15- | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.7 | 1 | 0 | 0.4 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| F | 1- | 21M | 73 | 73F1-21M | 1 | 0.75 | 0 | 0.4 | 0 | 0 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 0 | 0 |
| F | 1- | 21T | 74 | 74F1-21T | 1 | 0 | 0.75 | 0.4 | 0 | 0 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | -0.5 | 1 | 0 | 0 |
| F | 1- | 22M | 75 | 75F1-22M | 1 | 0.75 | 0 | 0.4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0.4 | 0.4 | -0.5 | 1 | 0 | 0 |
| F | 1- | 22T | 76 | 76F1-22T | 1 | 0 | 0.75 | 0.4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0.4 | 0.4 | -0.5 | 1 | 0 | 0 |
| F | 1- | 23M | 77 | 77F1-23M | 1 | 0.75 | 0 | 0.4 | 0 | 0 | 0.7 | 1 | 0 | 0.4 | -0.5 | 1 | 0 | 0 |
| F | 1- | 23T | 78 | 78F1-23T | 1 | 0 | 0.75 | 0.4 | 0 | 0 | 0.7 | 1 | 0 | 0.4 | -0.5 | 1 | 0 | 0 |
| F | 1- | 24- | 79 | 79F1-24- | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0.4 | 0.4 | -0.5 | 1 | 0 | 0 |
| F | 1- | 25- | 80 | 80F1-25- | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.7 | 1 | 0 | 0.4 | -0.5 | 1 | 0 | 0 |

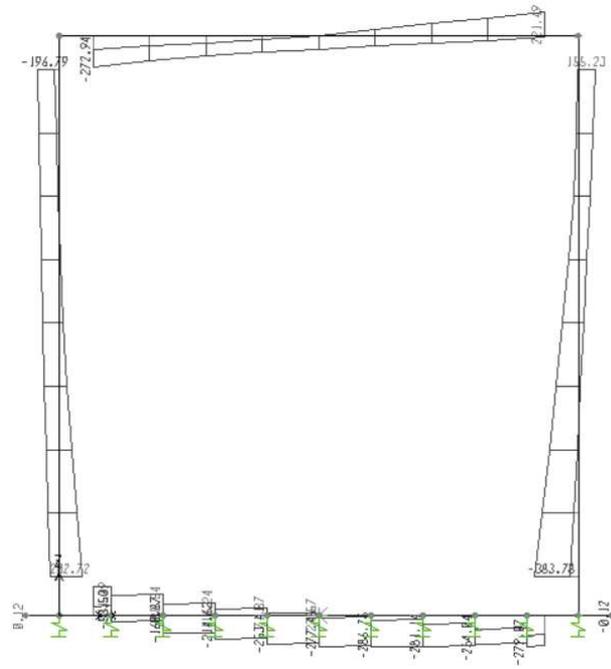


Figura 10: Taglio – Involuppo SLU

9 VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE

9.1 SOLETTA SUPERIORE IN CAMPATA

| Acciaio | | Calcestruzzo | |
|------------------------------|----------------------------------|--------------|------------------------|
| Tensione car. di rottura | $f_{tk} = 540$ N/mm ² | Tipo | C30/37 |
| Tensione car. di snervamento | $f_{yk} = 450$ N/mm ² | R_{ck} | 37 N/mm ² |
| Coeff. parziale di sicurezza | $\gamma_s = 1.15$ | f_{ck} | 30.7 N/mm ² |
| Resistenza di calcolo | $f_{yd} = 391$ N/mm ² | γ_c | 1.5 |
| Modulo elastico | $E_s = 205000$ N/mm ² | f_{cd} | 20.5 N/mm ² |
| | $\epsilon_{yd} = 0.00191$ | f_{cc} | 17.4 N/mm ² |

| Geometria della sezione | | Armatura tesa | | Armatura compressa | |
|----------------------------------|--------------|---------------|----------|-----------------------|-----------------|
| Altezza geometrica della sezione | $h = 60$ cm | N° ferri | Diametro | Area | |
| Base della sezione | $b = 100$ cm | 5 | 20 | 15.71 | cm ² |
| Copriferro | $d' = 5$ cm | | | 0.00 | cm ² |
| Altezza utile della sezione | $d = 55$ cm | | | 0.00 | cm ² |
| | | 15.71 | | cm² | |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|----------|-----|-----|
| | Comb. | Nsd | Msd |
| (Nmax) | 35S2-12M | 213 | 24 |
| (Nmin) | 26S1T21T | 52 | 251 |
| (Mmax) | 25S1T21M | 52 | 251 |
| (Mmin) | 23S1T14- | 161 | -84 |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|-------|-----|-----|
| | Comb. | Nsd | Msd |
| 01S1-11M | 111 | 71 | |
| 02S1-11T | 111 | 71 | |
| 03S1-12M | 176 | 40 | |
| 04S1-12T | 176 | 40 | |
| 05S1-13M | 144 | 56 | |
| 06S1-13T | 144 | 56 | |
| 07S1-14- | 170 | -44 | |
| 08S1-15- | 137 | -29 | |
| 09S1-21M | 67 | 229 | |
| 10S1-21T | 67 | 229 | |
| 11S1-22M | 132 | 198 | |
| 12S1-22T | 132 | 198 | |
| 13S1-23M | 99 | 214 | |
| 14S1-23T | 99 | 214 | |
| 15S1-24- | 125 | 113 | |
| 16S1-25- | 93 | 129 | |
| 17S1T11M | 122 | -4 | |
| 18S1T11T | 122 | -4 | |
| 19S1T12M | 166 | -26 | |
| 20S1T12T | 166 | -26 | |
| 21S1T13M | 144 | -15 | |
| 22S1T13T | 144 | -15 | |
| 23S1T14- | 161 | -84 | |
| 24S1T15- | 139 | -73 | |
| 25S1T21M | 52 | 251 | |
| 26S1T21T | 52 | 251 | |
| 27S1T22M | 95 | 230 | |
| 28S1T22T | 95 | 230 | |
| 29S1T23M | 74 | 241 | |
| 30S1T23T | 74 | 241 | |
| 31S1T24- | 91 | 171 | |
| 32S1T25- | 69 | 182 | |
| 33S2-11M | 169 | 45 | |
| 34S2-11T | 169 | 45 | |
| 35S2-12M | 213 | 24 | |
| 36S2-12T | 213 | 24 | |
| 37S2-13M | 191 | 34 | |
| 38S2-13T | 191 | 34 | |
| 39S2-21M | 125 | 203 | |
| 40S2-21T | 125 | 203 | |
| 41S2-22M | 169 | 181 | |
| 42S2-22T | 169 | 181 | |
| 43S2-23M | 147 | 192 | |
| 44S2-23T | 147 | 192 | |
| 45S2T11M | 122 | -4 | |
| 46S2T11T | 122 | -4 | |
| 47S2T12M | 166 | -26 | |
| 48S2T12T | 166 | -26 | |
| 49S2T13M | 144 | -15 | |
| 50S2T13T | 144 | -15 | |
| 51S2T21M | 52 | 251 | |
| 52S2T21T | 52 | 251 | |
| 53S2T22M | 95 | 230 | |
| 54S2T22T | 95 | 230 | |
| 55S2T23M | 74 | 241 | |
| 56S2T23T | 74 | 241 | |
| 57SED1- | 147 | -18 | |
| 58SED2- | 121 | 72 | |

DOMINIO DI RESISTENZA

Momento Flettente

Forza Normale (positiva se di compressione)

9.2 SOLETTA SUPERIORE ALL'INCASTRO

| Acciaio | | | Calcestruzzo | | |
|------------------------------|-----------------|----------------------------|--------------|--------|-------------------|
| Tensione car. di rottura | f_{tk} | = 540 N/mm ² | Tipo | C30/37 | |
| Tensione car. di snervamento | f_{yk} | = 450 N/mm ² | R_{ck} | 37 | N/mm ² |
| Coeff. parziale di sicurezza | γ_s | = 1.15 | f_{ck} | 30.71 | N/mm ² |
| Resistenza di calcolo | f_{yd} | = 391 N/mm ² | γ_c | 1.5 | |
| Modulo elastico | E_s | = 205000 N/mm ² | f_{cd} | 20.5 | N/mm ² |
| | ϵ_{yd} | = 0.00191 | f_{cc} | 17.4 | N/mm ² |

| Geometria della sezione | | | Armatura tesa | | | Armatura compressa | | |
|----------------------------------|----|----------|-----------------------------|----------|-----------------------|-----------------------------|----------|-----------------------|
| Altezza geometrica della sezione | h | = 60 cm | N° ferri | Diametro | Area | N° ferri | Diametro | Area |
| Base della sezione | b | = 100 cm | 5 | 24 | 22.62 cm ² | 5 | 20 | 15.71 cm ² |
| Copriferro | d' | = 5 cm | | | 0.00 cm ² | | | 0.00 cm ² |
| Altezza utile della sezione | d | = 55 cm | | | 0.00 cm ² | | | 0.00 cm ² |
| | | | 22.62 cm² | | | 15.71 cm² | | |

| | Caratteristiche di sollecitazione | | |
|--------|-----------------------------------|-----|-----|
| | Comb. | Nsd | Msd |
| (Nmax) | 35S2-12M | 213 | 299 |
| (Nmin) | 26S1T21T | 52 | -62 |
| (Mmax) | 57SED1- | 183 | 353 |
| (Mmin) | 26S1T21T | 52 | -62 |

| | Caratteristiche di sollecitazione | | |
|----------|-----------------------------------|-----|-----|
| | Comb. | Nsd | Msd |
| 01S1-11M | 111 | 150 | |
| 02S1-11T | 111 | 150 | |
| 03S1-12M | 176 | 181 | |
| 04S1-12T | 176 | 181 | |
| 05S1-13M | 144 | 217 | |
| 06S1-13T | 144 | 217 | |
| 07S1-14- | 170 | 163 | |
| 08S1-15- | 137 | 199 | |
| 09S1-21M | 67 | -7 | |
| 10S1-21T | 67 | -7 | |
| 11S1-22M | 132 | 23 | |
| 12S1-22T | 132 | 23 | |
| 13S1-23M | 99 | 60 | |
| 14S1-23T | 99 | 60 | |
| 15S1-24- | 125 | 5 | |
| 16S1-25- | 93 | 42 | |
| 17S1T11M | 122 | 193 | |
| 18S1T11T | 122 | 193 | |
| 19S1T12M | 166 | 215 | |
| 20S1T12T | 166 | 215 | |
| 21S1T13M | 144 | 238 | |
| 22S1T13T | 144 | 238 | |
| 23S1T14- | 161 | 203 | |
| 24S1T15- | 139 | 226 | |
| 25S1T21M | 52 | -62 | |
| 26S1T21T | 52 | -62 | |
| 27S1T22M | 95 | -40 | |
| 28S1T22T | 95 | -40 | |
| 29S1T23M | 74 | -17 | |
| 30S1T23T | 74 | -17 | |
| 31S1T24- | 91 | -53 | |
| 32S1T25- | 69 | -29 | |
| 33S2-11M | 169 | 277 | |
| 34S2-11T | 169 | 277 | |
| 35S2-12M | 213 | 299 | |
| 36S2-12T | 213 | 299 | |
| 37S2-13M | 191 | 322 | |
| 38S2-13T | 191 | 322 | |
| 39S2-21M | 125 | 119 | |
| 40S2-21T | 125 | 119 | |
| 41S2-22M | 169 | 141 | |
| 42S2-22T | 169 | 141 | |
| 43S2-23M | 147 | 164 | |
| 44S2-23T | 147 | 164 | |
| 45S2T11M | 122 | 193 | |
| 46S2T11T | 122 | 193 | |
| 47S2T12M | 166 | 215 | |
| 48S2T12T | 166 | 215 | |
| 49S2T13M | 144 | 238 | |
| 50S2T13T | 144 | 238 | |
| 51S2T21M | 52 | -62 | |
| 52S2T21T | 52 | -62 | |
| 53S2T22M | 95 | -40 | |
| 54S2T22T | 95 | -40 | |
| 55S2T23M | 74 | -17 | |
| 56S2T23T | 74 | -17 | |
| 57SED1- | 183 | 353 | |
| 58SED2- | 157 | 262 | |

DOMINIO DI RESISTENZA

| Comb. | Nsd | Msd |
|----------|-----|-----|
| 01S1-11M | 111 | 150 |
| 02S1-11T | 111 | 150 |
| 03S1-12M | 176 | 181 |
| 04S1-12T | 176 | 181 |
| 05S1-13M | 144 | 217 |
| 06S1-13T | 144 | 217 |
| 07S1-14- | 170 | 163 |
| 08S1-15- | 137 | 199 |
| 09S1-21M | 67 | -7 |
| 10S1-21T | 67 | -7 |
| 11S1-22M | 132 | 23 |
| 12S1-22T | 132 | 23 |
| 13S1-23M | 99 | 60 |
| 14S1-23T | 99 | 60 |
| 15S1-24- | 125 | 5 |
| 16S1-25- | 93 | 42 |
| 17S1T11M | 122 | 193 |
| 18S1T11T | 122 | 193 |
| 19S1T12M | 166 | 215 |
| 20S1T12T | 166 | 215 |
| 21S1T13M | 144 | 238 |
| 22S1T13T | 144 | 238 |
| 23S1T14- | 161 | 203 |
| 24S1T15- | 139 | 226 |
| 25S1T21M | 52 | -62 |
| 26S1T21T | 52 | -62 |
| 27S1T22M | 95 | -40 |
| 28S1T22T | 95 | -40 |
| 29S1T23M | 74 | -17 |
| 30S1T23T | 74 | -17 |
| 31S1T24- | 91 | -53 |
| 32S1T25- | 69 | -29 |
| 33S2-11M | 169 | 277 |
| 34S2-11T | 169 | 277 |
| 35S2-12M | 213 | 299 |
| 36S2-12T | 213 | 299 |
| 37S2-13M | 191 | 322 |
| 38S2-13T | 191 | 322 |
| 39S2-21M | 125 | 119 |
| 40S2-21T | 125 | 119 |
| 41S2-22M | 169 | 141 |
| 42S2-22T | 169 | 141 |
| 43S2-23M | 147 | 164 |
| 44S2-23T | 147 | 164 |
| 45S2T11M | 122 | 193 |
| 46S2T11T | 122 | 193 |
| 47S2T12M | 166 | 215 |
| 48S2T12T | 166 | 215 |
| 49S2T13M | 144 | 238 |
| 50S2T13T | 144 | 238 |
| 51S2T21M | 52 | -62 |
| 52S2T21T | 52 | -62 |
| 53S2T22M | 95 | -40 |
| 54S2T22T | 95 | -40 |
| 55S2T23M | 74 | -17 |
| 56S2T23T | 74 | -17 |
| 57SED1- | 183 | 353 |
| 58SED2- | 157 | 262 |

9.3 PIEDRITTO ALLO SPICCATO

| Acciaio | | | Calcestruzzo | | |
|------------------------------|-----------------|----------------------------|--------------|--------|-------------------|
| Tensione car. di rottura | f_{tk} | = 540 N/mm ² | Tipo | C30/37 | |
| Tensione car. di snervamento | f_{yk} | = 450 N/mm ² | R_{ck} | 37 | N/mm ² |
| Coeff. parziale di sicurezza | γ_s | = 1.15 | f_{ck} | 30.71 | N/mm ² |
| Resistenza di calcolo | f_{yd} | = 391 N/mm ² | γ_c | 1.5 | |
| Modulo elastico | E_s | = 200000 N/mm ² | f_{cd} | 20.5 | N/mm ² |
| | ϵ_{yd} | = 0.00196 | f_{cc} | 17.4 | N/mm ² |

| Geometria della sezione | | | Armatura tesa | | | Armatura compressa | | |
|----------------------------------|----|----------|-----------------------------|----------|-----------------------|-----------------------------|----------|-----------------------|
| Altezza geometrica della sezione | h | = 60 cm | N° ferri | Diametro | Area | N° ferri | Diametro | Area |
| Base della sezione | b | = 100 cm | 5 | 24 | 22.62 cm ² | 5 | 20 | 15.71 cm ² |
| Copriferro | d' | = 5 cm | | | 0.00 cm ² | | | 0.00 cm ² |
| Altezza utile della sezione | d | = 55 cm | | | 0.00 cm ² | | | 0.00 cm ² |
| | | | 22.62 cm² | | | 15.71 cm² | | |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|----------|-----|-----|
| | Comb. | Nsd | Msd |
| (Nmax) | 01S1-11M | 363 | 77 |
| (Nmin) | 57SED1- | 84 | 423 |
| (Mmax) | 58SED2- | 84 | 458 |
| (Mmin) | 18S1T11T | 326 | 56 |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|-------|-----|-----|
| | Comb. | Nsd | Msd |
| 01S1-11M | | 363 | 77 |
| 02S1-11T | | 362 | 77 |
| 03S1-12M | | 363 | 97 |
| 04S1-12T | | 362 | 97 |
| 05S1-13M | | 337 | 180 |
| 06S1-13T | | 336 | 180 |
| 07S1-14- | | 246 | 78 |
| 08S1-15- | | 220 | 161 |
| 09S1-21M | | 363 | 134 |
| 10S1-21T | | 362 | 134 |
| 11S1-22M | | 363 | 154 |
| 12S1-22T | | 362 | 154 |
| 13S1-23M | | 337 | 237 |
| 14S1-23T | | 336 | 237 |
| 15S1-24- | | 246 | 134 |
| 16S1-25- | | 220 | 217 |
| 17S1T11M | | 327 | 56 |
| 18S1T11T | | 326 | 56 |
| 19S1T12M | | 327 | 70 |
| 20S1T12T | | 326 | 70 |
| 21S1T13M | | 310 | 127 |
| 22S1T13T | | 309 | 127 |
| 23S1T14- | | 246 | 57 |
| 24S1T15- | | 229 | 113 |
| 25S1T21M | | 327 | 142 |
| 26S1T21T | | 326 | 142 |
| 27S1T22M | | 327 | 157 |
| 28S1T22T | | 326 | 157 |
| 29S1T23M | | 310 | 213 |
| 30S1T23T | | 309 | 213 |
| 31S1T24- | | 246 | 143 |
| 32S1T25- | | 229 | 199 |
| 33S2-11M | | 261 | 213 |
| 34S2-11T | | 260 | 213 |
| 35S2-12M | | 261 | 227 |
| 36S2-12T | | 260 | 227 |
| 37S2-13M | | 244 | 283 |
| 38S2-13T | | 243 | 283 |
| 39S2-21M | | 261 | 269 |
| 40S2-21T | | 260 | 269 |
| 41S2-22M | | 261 | 283 |
| 42S2-22T | | 260 | 283 |
| 43S2-23M | | 244 | 339 |
| 44S2-23T | | 243 | 339 |
| 45S2T11M | | 327 | 56 |
| 46S2T11T | | 326 | 56 |
| 47S2T12M | | 327 | 70 |
| 48S2T12T | | 326 | 70 |
| 49S2T13M | | 310 | 127 |
| 50S2T13T | | 309 | 127 |
| 51S2T21M | | 327 | 142 |
| 52S2T21T | | 326 | 142 |
| 53S2T22M | | 327 | 157 |
| 54S2T22T | | 326 | 157 |
| 55S2T23M | | 310 | 213 |
| 56S2T23T | | 309 | 213 |
| 57SED1- | | 84 | 423 |
| 58SED2- | | 84 | 458 |

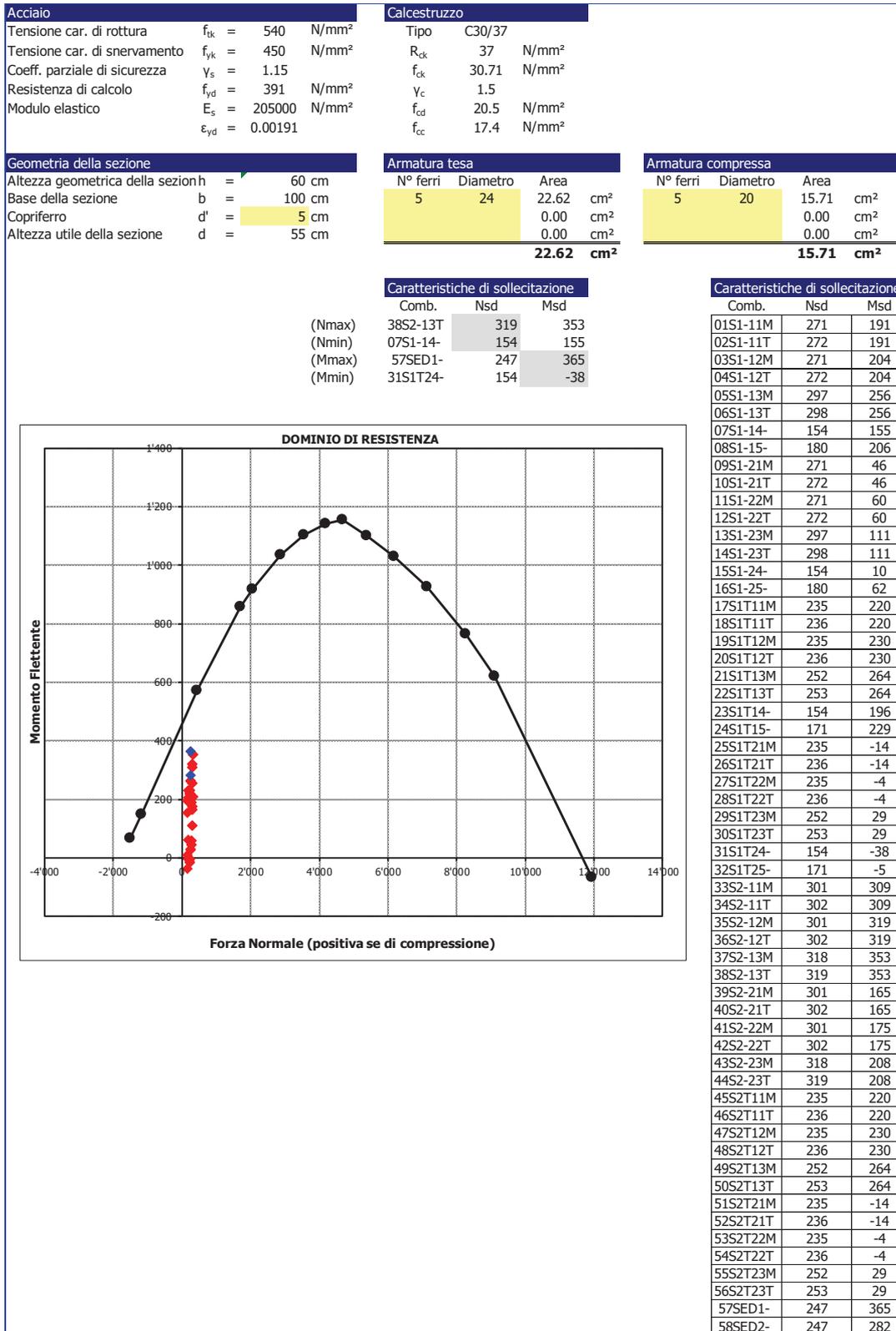
DOMINIO DI RESISTENZA

Momento Flettente

Forza Normale (positiva se di compressione)

| | Comb. | Nsd | Msd |
|----------|-------|-----|-----|
| 01S1-11M | | 363 | 77 |
| 02S1-11T | | 362 | 77 |
| 03S1-12M | | 363 | 97 |
| 04S1-12T | | 362 | 97 |
| 05S1-13M | | 337 | 180 |
| 06S1-13T | | 336 | 180 |
| 07S1-14- | | 246 | 78 |
| 08S1-15- | | 220 | 161 |
| 09S1-21M | | 363 | 134 |
| 10S1-21T | | 362 | 134 |
| 11S1-22M | | 363 | 154 |
| 12S1-22T | | 362 | 154 |
| 13S1-23M | | 337 | 237 |
| 14S1-23T | | 336 | 237 |
| 15S1-24- | | 246 | 134 |
| 16S1-25- | | 220 | 217 |
| 17S1T11M | | 327 | 56 |
| 18S1T11T | | 326 | 56 |
| 19S1T12M | | 327 | 70 |
| 20S1T12T | | 326 | 70 |
| 21S1T13M | | 310 | 127 |
| 22S1T13T | | 309 | 127 |
| 23S1T14- | | 246 | 57 |
| 24S1T15- | | 229 | 113 |
| 25S1T21M | | 327 | 142 |
| 26S1T21T | | 326 | 142 |
| 27S1T22M | | 327 | 157 |
| 28S1T22T | | 326 | 157 |
| 29S1T23M | | 310 | 213 |
| 30S1T23T | | 309 | 213 |
| 31S1T24- | | 246 | 143 |
| 32S1T25- | | 229 | 199 |
| 33S2-11M | | 261 | 213 |
| 34S2-11T | | 260 | 213 |
| 35S2-12M | | 261 | 227 |
| 36S2-12T | | 260 | 227 |
| 37S2-13M | | 244 | 283 |
| 38S2-13T | | 243 | 283 |
| 39S2-21M | | 261 | 269 |
| 40S2-21T | | 260 | 269 |
| 41S2-22M | | 261 | 283 |
| 42S2-22T | | 260 | 283 |
| 43S2-23M | | 244 | 339 |
| 44S2-23T | | 243 | 339 |
| 45S2T11M | | 327 | 56 |
| 46S2T11T | | 326 | 56 |
| 47S2T12M | | 327 | 70 |
| 48S2T12T | | 326 | 70 |
| 49S2T13M | | 310 | 127 |
| 50S2T13T | | 309 | 127 |
| 51S2T21M | | 327 | 142 |
| 52S2T21T | | 326 | 142 |
| 53S2T22M | | 327 | 157 |
| 54S2T22T | | 326 | 157 |
| 55S2T23M | | 310 | 213 |
| 56S2T23T | | 309 | 213 |
| 57SED1- | | 84 | 423 |
| 58SED2- | | 84 | 458 |

9.4 PIEDRITTO IN SOMMITA'



9.5 SOLETTA INFERIORE IN CAMPATA

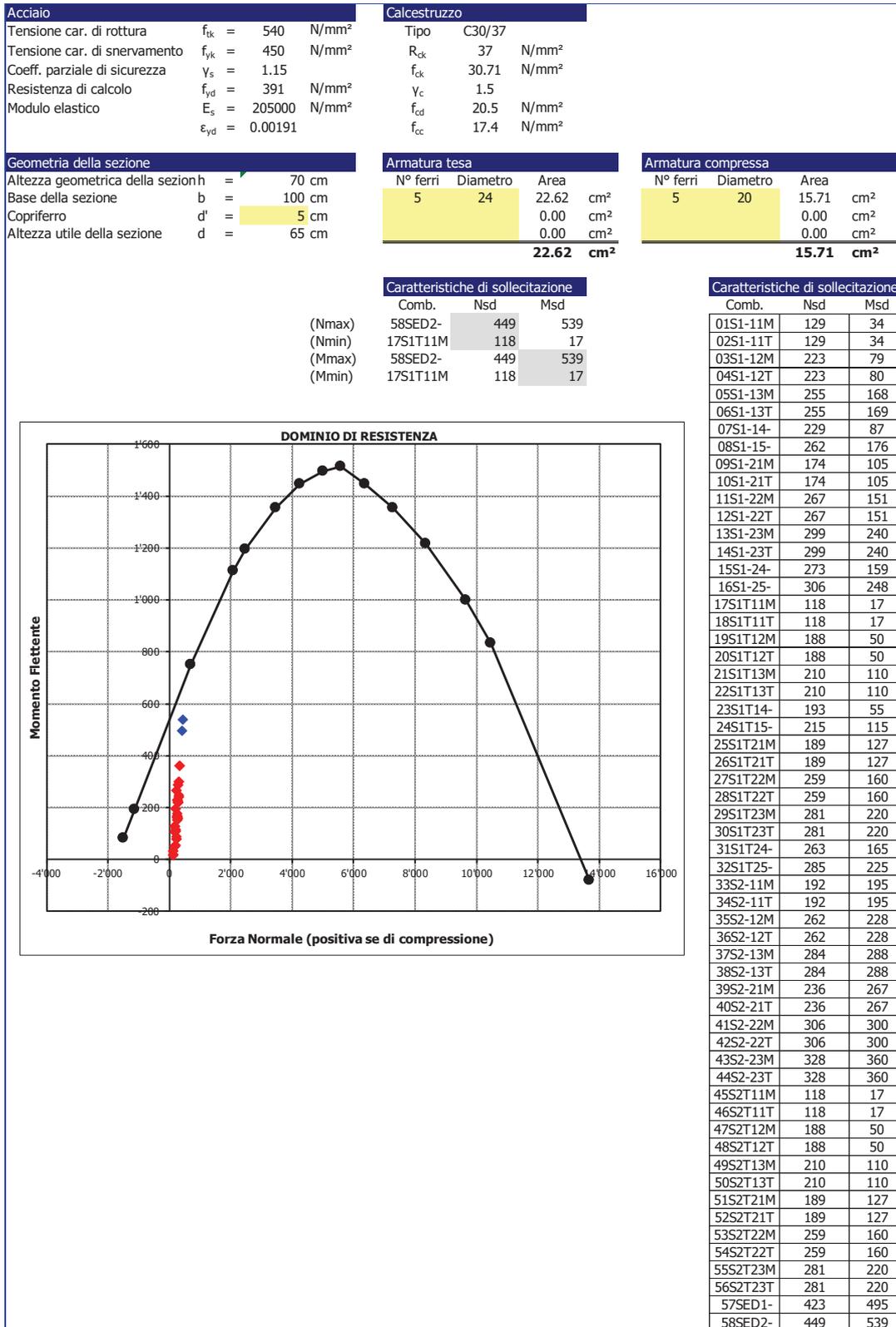
| Acciaio | | Calcestruzzo | |
|------------------------------|-----------------------------------|--------------|-------------------------|
| Tensione car. di rottura | $f_{tk} = 540$ N/mm ² | Tipo | C30/37 |
| Tensione car. di snervamento | $f_{yk} = 450$ N/mm ² | R_{ck} | 37 N/mm ² |
| Coeff. parziale di sicurezza | $\gamma_s = 1.15$ | f_{ck} | 30.71 N/mm ² |
| Resistenza di calcolo | $f_{y,d} = 391$ N/mm ² | γ_c | 1.5 |
| Modulo elastico | $E_s = 205000$ N/mm ² | f_{cd} | 20.5 N/mm ² |
| | $\epsilon_{y,d} = 0.00191$ | f_{cc} | 17.4 N/mm ² |

| Geometria della sezione | | Armatura tesa | | Armatura compressa | |
|----------------------------------|--------------|---------------|----------|--------------------|-----------------------|
| Altezza geometrica della sezione | $h = 70$ cm | N° ferri | Diametro | Area | |
| Base della sezione | $b = 100$ cm | 5 | 20 | 15.71 | cm ² |
| Copriferro | $d' = 5$ cm | | | 0.00 | cm ² |
| Altezza utile della sezione | $d = 65$ cm | | | 0.00 | cm ² |
| | | | | 15.71 | cm² |

| Caratteristiche di sollecitazione | | | |
|-----------------------------------|----------|-----|-----|
| Comb. | Nsd | Msd | |
| (Nmax) | 15S1-24- | 273 | -12 |
| (Nmin) | 57SED1- | -47 | 35 |
| (Mmax) | 01S1-11M | 129 | 182 |
| (Mmin) | 31S1T24- | 263 | -19 |

| Caratteristiche di sollecitazione | | |
|-----------------------------------|-----|-----|
| Comb. | Nsd | Msd |
| 01S1-11M | 129 | 182 |
| 02S1-11T | 129 | 182 |
| 03S1-12M | 223 | 137 |
| 04S1-12T | 223 | 137 |
| 05S1-13M | 97 | 159 |
| 06S1-13T | 97 | 159 |
| 07S1-14- | 229 | 58 |
| 08S1-15- | 103 | 81 |
| 09S1-21M | 174 | 111 |
| 10S1-21T | 174 | 111 |
| 11S1-22M | 267 | 66 |
| 12S1-22T | 267 | 66 |
| 13S1-23M | 141 | 89 |
| 14S1-23T | 141 | 89 |
| 15S1-24- | 273 | -12 |
| 16S1-25- | 148 | 10 |
| 17S1T11M | 118 | 177 |
| 18S1T11T | 118 | 177 |
| 19S1T12M | 188 | 144 |
| 20S1T12T | 188 | 144 |
| 21S1T13M | 96 | 160 |
| 22S1T13T | 96 | 160 |
| 23S1T14- | 193 | 90 |
| 24S1T15- | 101 | 106 |
| 25S1T21M | 189 | 68 |
| 26S1T21T | 189 | 68 |
| 27S1T22M | 259 | 35 |
| 28S1T22T | 259 | 35 |
| 29S1T23M | 167 | 52 |
| 30S1T23T | 167 | 52 |
| 31S1T24- | 263 | -19 |
| 32S1T25- | 171 | -3 |
| 33S2-11M | 71 | 157 |
| 34S2-11T | 71 | 157 |
| 35S2-12M | 141 | 125 |
| 36S2-12T | 141 | 125 |
| 37S2-13M | 49 | 141 |
| 38S2-13T | 49 | 141 |
| 39S2-21M | 115 | 87 |
| 40S2-21T | 115 | 87 |
| 41S2-22M | 185 | 54 |
| 42S2-22T | 185 | 54 |
| 43S2-23M | 93 | 70 |
| 44S2-23T | 93 | 70 |
| 45S2T11M | 118 | 177 |
| 46S2T11T | 118 | 177 |
| 47S2T12M | 188 | 144 |
| 48S2T12T | 188 | 144 |
| 49S2T13M | 96 | 160 |
| 50S2T13T | 96 | 160 |
| 51S2T21M | 189 | 68 |
| 52S2T21T | 189 | 68 |
| 53S2T22M | 259 | 35 |
| 54S2T22T | 259 | 35 |
| 55S2T23M | 167 | 52 |
| 56S2T23T | 167 | 52 |
| 57SED1- | -47 | 35 |
| 58SED2- | -21 | -8 |

9.6 SOLETTA INFERIORE ALL'INCASTRO



10 VERIFICHE TAGLIO

Si dispongono legature $\Phi 12$ per i traversi e $\Phi 14$ per i piedritti, disposte con maglia 40x40 cm, quale armatura trasversale a taglio.

Calcestruzzo

| | | |
|---------------|--------|-------------------|
| Tipo | C30/37 | |
| R_{ck} | 37 | N/mm ² |
| f_{ck} | 30.7 | N/mm ² |
| γ_c | 1.5 | |
| α_{cc} | 0.85 | |
| f_{cd} | 17.4 | N/mm ² |

Acciaio

| | | |
|------------|------|-------------------|
| f_{tk} | 540 | N/mm ² |
| f_{yk} | 450 | N/mm ² |
| γ_s | 1.15 | |
| f_{yd} | 391 | N/mm ² |

Sollecitazioni

| | | Soletta sup | Soletta inf | Piedritto sx | Piedritto dx |
|----------|----|-------------|-------------|--------------|--------------|
| V_{Ed} | kN | 273 | 287 | 203 | 384 |
| N_{Ed} | kN | 0 | 0 | 0 | 0 |

Armatura a taglio

| | | Soletta sup | Soletta inf | Piedritto sx | Piedritto dx |
|-----------------|-----------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Diametro | mm | 12 | 12 | 14 | 14 |
| Numero barre | | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| A_{sw} | cm ² | 2.83 | 2.83 | 3.85 | 3.85 |
| Passo s | cm | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Angolo α | ° | 90 | 90 | 90 | 90 |

Armatura longitudinale

| | | Soletta sup | Soletta inf | Piedritto sx | Piedritto dx |
|-----------------|-----------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| n_1 | | 5 | 5 | 5 | 5 |
| \varnothing_1 | mm | 20 | 20 | 20 | 20 |
| n_2 | | | | | |
| \varnothing_2 | mm | | | | |
| Asl | cm ² | 15.71 | 15.71 | 15.71 | 15.71 |

Sezione

| | | | | | |
|---------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| b_w | cm | 100 | 100 | 100 | 100 |
| H | cm | 60 | 70 | 60 | 60 |
| c | cm | 5 | 5 | 5 | 5 |
| d | cm | 55 | 65 | 55 | 55 |
| k | N/mm ² | 1.60 | 1.55 | 1.60 | 1.60 |
| v_{min} | N/mm ² | 0.39 | 0.38 | 0.39 | 0.39 |
| ρ | | 0.0029 | 0.0024 | 0.0029 | 0.0029 |
| σ_{cp} | N/mm ² | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| α_c | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Resistenza senza armatura a taglio

| | | Soletta sup | Soletta inf | Piedritto sx | Piedritto dx |
|----------|----|-------------|-------------|--------------|--------------|
| V_{Rd} | kN | 218 | 244 | 218 | 218 |

Resistenza con armatura a taglio

| | | | | | |
|-------------------------------|----|------|------|------|------|
| Inclinazione puntone θ | ° | 21.8 | 21.8 | 21.8 | 21.8 |
| V_{RSd} | kN | 342 | 405 | 466 | 466 |
| V_{RCd} | kN | 1485 | 1755 | 1485 | 1485 |
| V_{Rd} | kN | 342 | 405 | 466 | 466 |

11 VERIFICHE DI FESSURAZIONE

Per rapidità di calcolo, e a vantaggio di sicurezza, la verifica di fessurazione è condotta in combinazione frequente ma assumendo il limite di apertura delle fessure previsto in condizioni ambientali aggressive per la combinazione quasi permanente.

11.1 SOLETTA SUPERIORE IN CAMPATA

| Sollecitazioni | | | |
|---|------------------|--------------|--|
| Momento flettente | M | 139 | kN m |
| Sforzo normale | N | 48 | kN |
| Materiali | | | |
| Res. caratteristica cls | R_{ck} | 37 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile cls | σ_{camm} | 11.5 | N/mm ² |
| Res. media a trazione cls | f_{ctm} | 3.0 | N/mm ² |
| Res. caratteristica a trazione cls | f_{ctk} | 2.1 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile acciaio | σ_{samm} | 260 | N/mm ² |
| Coefficiente omog. acciaio-cls | n | 15 | |
| Caratteristiche geometriche | | | |
| Altezza sezione | H | 60 | cm |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1^1 | 15.71 | cm ² 5 Ø 20 $c_{s1} = 5.0$ cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2^1 | 0.00 | cm ² Ø $c_{s2} =$ cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² Ø $c_{t2} =$ cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 15.71 | cm ² 5 Ø 20 $c_{t1} = 5.0$ cm |
| Tensioni nei materiali | | | |
| Compressione max nel cls. | σ_c | 3.6 | N/mm ² < σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 161.1 | N/mm ² < σ_{samm} |
| Eccentricità | e (M) | 292.4 | cm > H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | 262.4 | cm |
| Posizione asse neutro | y (M) | 13.8 | cm |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 6440 | cm ² |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 2094524 | cm ⁴ |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id}^* | 505684 | cm ⁴ |
| Verifica a fessurazione | | | |
| Momento di fessurazione (f_{ctk}) | M_{fess}^* | 152 | kN m La sezione non è fessurata |
| Momento di fessurazione (f_{ctm}) | M_{fess} | 214 | kN m |
| Eccentricità per $M=M_{fess}$ | e (M_{fess}) | 449.8 | cm |
| | u (M_{fess}) | 419.8 | cm |
| Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$ | σ_{cr} | 5.5 | |
| Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$ | σ_{sr} | 255.4 | N/mm ² |
| Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$ | y (M_{fess}) | 13.4 | cm |
| | β_1 | 1 | |
| | β_2 | 0.5 | |
| Deform. unitaria media dell'arm. | ϵ_{sm} | 0.00031 | |
| Copriferro netto | c' | 4.0 | cm |
| Altezza efficace | d_{eff} | 19.0 | cm |
| Area efficace | $A_{c_{eff}}$ | 1900 | cm ² |
| Armatura nell'area efficace | AS_{eff} | 15.7 | cm ² |
| | ρ_r | 0.00827 | |
| Distanza tra le barre | s | 20.0 | cm |
| | K_2 | 0.4 | |
| | K_3 | 0.125 | |
| Distanza media tra le fessure | s_{rm} | 24.1 | cm |
| Valore medio dell'ap. delle fessure | w _m | 0.07 | mm |
| Valore caratter. dell'ap. delle fessure | w _k | - | mm |

11.2 SOLETTA SUPERIORE ALL'INCASTRO

| Sollecitazioni | | | |
|---|------------------|--------------|--|
| Momento flettente | M | 129 | kN m |
| Sforzo normale | N | 92 | kN |
| Materiali | | | |
| Res. caratteristica cls | R_{ck} | 37 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile cls | σ_{camm} | 11.5 | N/mm ² |
| Res. media a trazione cls | f_{ctm} | 3.0 | N/mm ² |
| Res. caratteristica a trazione cls | f_{ctk} | 2.1 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile acciaio | σ_{samm} | 260 | N/mm ² |
| Coefficiente omog. acciaio-cls | n | 15 | |
| Caratteristiche geometriche | | | |
| Altezza sezione | H | 60 | cm |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 15.71 | cm ² 5 Ø 20 $c_{s1} = \downarrow$ 5.0 cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² Ø $c_{s2} = \downarrow$ cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² Ø $c_{t2} = \downarrow$ cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 22.62 | cm ² 5 Ø 24 $c_{t1} = \downarrow$ 5.0 cm |
| Tensioni nei materiali | | | |
| Compressione max nel cls. | σ_c | 3.0 | N/mm ² < σ_{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 95.3 | N/mm ² < σ_{samm} |
| Eccentricità | e (M) | 140.4 | cm > H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | 110.4 | cm |
| Posizione asse neutro | y (M) | 17.4 | cm |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 6537 | cm ² |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 2159320 | cm ⁴ |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id*} | 692009 | cm ⁴ |
| Verifica a fessurazione | | | |
| Momento di fessurazione (f_{ctk}) | M_{fess}^* | 161 | kN m La sezione non è fessurata |
| Momento di fessurazione (f_{ctm}) | M_{fess} | 226 | kN m |
| Eccentricità per $M=M_{fess}$ | e (M_{fess}) | 246.8 | cm |
| | u (M_{fess}) | 216.8 | cm |
| Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$ | σ_{cr} | 5.1 | |
| Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$ | σ_{sr} | 181.1 | N/mm ² |
| Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$ | y (M_{fess}) | 16.4 | cm |
| | β_1 | 1 | |
| | β_2 | 0.5 | |
| Deform. unitaria media dell'arm. | ϵ_{sm} | 0.00018 | |
| Copriferro netto | c' | 3.8 | cm |
| Altezza efficace | d_{eff} | 21.8 | cm |
| Area efficace | AC_{eff} | 2180 | cm ² |
| Armatura nell'area efficace | AS_{eff} | 22.6 | cm ² |
| | ρ_r | 0.01038 | |
| Distanza tra le barre | s | 20.0 | cm |
| | K_2 | 0.4 | |
| | K_3 | 0.125 | |
| Distanza media tra le fessure | s_{rm} | 23.2 | cm |
| Valore medio dell'ap. delle fessure | w _m | 0.04 | mm |
| Valore caratter. dell'ap. delle fessure | w _k | - | mm |

11.3 PIEDRITTO ALLO SPICCATO

| Sollecitazioni | | | |
|---|------------------|--------------|--|
| Momento flettente | M | 148 | kN m |
| Sforzo normale | N | 228 | kN |
| Materiali | | | |
| Res. caratteristica cls | R_{ck} | 37 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile cls | σ_{Camm} | 11.5 | N/mm ² |
| Res. media a trazione cls | f_{ctm} | 3.0 | N/mm ² |
| Res. caratteristica a trazione cls | f_{ctk} | 2.1 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile acciaio | σ_{Samm} | 260 | N/mm ² |
| Coefficiente omog. acciaio-cls | n | 15 | |
| Caratteristiche geometriche | | | |
| Altezza sezione | H | 60 | cm |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm |
| Armatura compressa (1° strato) | AS_1' | 15.71 | cm ² 5 Ø 20 $C_{s1} = 5.0$ cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS_2' | 0.00 | cm ² Ø $C_{s2} =$ cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS_2 | 0.00 | cm ² Ø $C_{t2} =$ cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS_1 | 22.62 | cm ² 5 Ø 24 $C_{t1} = 5.0$ cm |
| Tensioni nei materiali | | | |
| Compressione max nel cls. | σ_c | 3.5 | N/mm ² < σ_{Camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ_s | 86.6 | N/mm ² < σ_{Samm} |
| Eccentricità | e (M) | 64.9 | cm > H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | 34.9 | cm |
| Posizione asse neutro | y (M) | 20.7 | cm |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A_{id} | 6537 | cm ² |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J_{id} | 2159320 | cm ⁴ |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J_{id*} | 753656 | cm ⁴ |
| Verifica a fessurazione | | | |
| Momento di fessurazione (f_{ctk}) | M_{fess}^* | 176 | kN m La sezione non è fessurata |
| Momento di fessurazione (f_{ctm}) | M_{fess} | 241 | kN m |
| Eccentricità per $M=M_{fess}$ | e (M_{fess}) | 105.5 | cm |
| | u (M_{fess}) | 75.5 | cm |
| Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$ | σ_{cr} | 5.6 | |
| Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$ | σ_{sr} | 167.6 | N/mm ² |
| Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$ | y (M_{fess}) | 18.3 | cm |
| | β_1 | 1 | |
| | β_2 | 0.5 | |
| Deform. unitaria media dell'arm. | ϵ_{sm} | 0.00016 | |
| Copriferro netto | c' | 3.8 | cm |
| Altezza efficace | d_{eff} | 21.8 | cm |
| Area efficace | AC_{eff} | 2180 | cm ² |
| Armatura nell'area efficace | AS_{eff} | 22.6 | cm ² |
| | ρ_r | 0.01038 | |
| Distanza tra le barre | s | 20.0 | cm |
| | K_2 | 0.4 | |
| | K_3 | 0.125 | |
| Distanza media tra le fessure | s_{rm} | 23.2 | cm |
| Valore medio dell'ap. delle fessure | w _m | 0.04 | mm |
| Valore caratter. dell'ap. delle fessure | w _k | - | mm |

11.4 PIEDRITTO IN SOMMITA'

| Sollecitazioni | | | | |
|--|--------------------------------|--------------|-------------------|--|
| Momento flettente | M | 152 | kN m | |
| Sforzo normale | N | 188 | kN | |
| Materiali | | | | |
| Res. caratteristica cls | R _{ck} | 37 | N/mm ² | |
| Tensione ammissibile cls | σ _{amm} | 11.5 | N/mm ² | |
| Res. media a trazione cls | f _{ctm} | 3.0 | N/mm ² | |
| Res. caratteristica a trazione cls | f _{ctk} | 2.1 | N/mm ² | |
| Tensione ammissibile acciaio | σ _{samm} | 260 | N/mm ² | |
| Coefficiente omog. acciaio-cls | n | 15 | | |
| Caratteristiche geometriche | | | | |
| Altezza sezione | H | 60 | cm | |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS ₁ ¹ | 15.71 | cm ² | 5 Ø 20 c _{s1} = 5.0 cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS ₂ ¹ | 0.00 | cm ² | Ø c _{s2} = 5.0 cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS ₂ | 0.00 | cm ² | Ø c _{t2} = 5.0 cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS ₁ | 22.62 | cm ² | 5 Ø 24 c _{t1} = 5.0 cm |
| Tensioni nei materiali | | | | |
| Compressione max nel cls. | σ _c | 3.6 | N/mm ² | < σ _{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ _s | 97.5 | N/mm ² | < σ _{samm} |
| Eccentricità | e (M) | 80.9 | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | 50.9 | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 19.5 | cm | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A _{id} | 6537 | cm ² | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J _{id} | 2159320 | cm ⁴ | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J _{id*} | 723434 | cm ⁴ | |
| Verifica a fessurazione | | | | |
| Momento di fessurazione (f _{ctk}) | M _{fess} [*] | 172 | kN m | La sezione non è fessurata |
| Momento di fessurazione (f _{ctm}) | M _{fess} | 236 | kN m | |
| Eccentricità per M=M _{fess} | e (M _{fess}) | 125.9 | cm | |
| | u (M _{fess}) | 95.9 | cm | |
| Compressione max nel cls. per M=M _{fess} | σ _{cr} | 5.4 | | |
| Traz. nell'acciaio (1° str.) per M=M _{fess} | σ _{sr} | 171.5 | N/mm ² | |
| Posizione asse neutro per M=M _{fess} | y (M _{fess}) | 17.8 | cm | |
| | β ₁ | 1 | | |
| | β ₂ | 0.5 | | |
| Deform. unitaria media dell'arm. | ε _{sm} | 0.00019 | | |
| Copriferro netto | c' | 3.8 | cm | |
| Altezza efficace | d _{eff} | 21.8 | cm | |
| Area efficace | AC _{eff} | 2180 | cm ² | |
| Armatura nell'area efficace | AS _{eff} | 22.6 | cm ² | |
| | ρ _r | 0.01038 | | |
| Distanza tra le barre | s | 20.0 | cm | |
| | K ₂ | 0.4 | | |
| | K ₃ | 0.125 | | |
| Distanza media tra le fessure | s _{fm} | 23.2 | cm | |
| Valore medio dell'ap. delle fessure | w _m | 0.04 | mm | |
| Valore caratter. dell'ap. delle fessure | w _k | - | mm | |

11.5 SOLETTA INFERIORE IN CAMPATA

| Sollecitazioni | | | |
|--|--------------------------------|--------------|---|
| Momento flettente | M | 114 | kN m |
| Sforzo normale | N | 95 | kN |
| Materiali | | | |
| Res. caratteristica cls | R _{ck} | 37 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile cls | σ _{amm} | 11.5 | N/mm ² |
| Res. media a trazione cls | f _{ctm} | 3.0 | N/mm ² |
| Res. caratteristica a trazione cls | f _{ctk} | 2.1 | N/mm ² |
| Tensione ammissibile acciaio | σ _{samm} | 260 | N/mm ² |
| Coefficiente omog. acciaio-cls | n | 15 | |
| Caratteristiche geometriche | | | |
| Altezza sezione | H | 70 | cm |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm |
| Armatura compressa (1° strato) | AS ₁ ¹ | 15.71 | cm ² 5 Ø 20 c _{s1} = 5.0 cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS ₂ ¹ | 0.00 | cm ² Ø c _{s2} = 5.0 cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS ₂ | 0.00 | cm ² Ø c _{t2} = 5.0 cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS ₁ | 15.71 | cm ² 5 Ø 20 c _{t1} = 5.0 cm |
| Tensioni nei materiali | | | |
| Compressione max nel cls. | σ _c | 2.3 | N/mm ² < σ _{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ _s | 93.0 | N/mm ² < σ _{samm} |
| Eccentricità | e (M) | 120.9 | cm > H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | 85.9 | cm |
| Posizione asse neutro | y (M) | 17.6 | cm |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A _{id} | 7440 | cm ² |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J _{id} | 3282448 | cm ⁴ |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J _{id*} | 748157 | cm ⁴ |
| Verifica a fessurazione | | | |
| Momento di fessurazione (f _{ctk}) | M _{fess} [*] | 209 | kN m La sezione non è fessurata |
| Momento di fessurazione (f _{ctm}) | M _{fess} | 293 | kN m |
| Eccentricità per M=M _{fess} | e (M _{fess}) | 309.8 | cm |
| | u (M _{fess}) | 274.8 | cm |
| Compressione max nel cls. per M=M _{fess} | σ _{cr} | 5.8 | |
| Traz. nell'acciaio (1° str.) per M=M _{fess} | σ _{sr} | 281.4 | N/mm ² |
| Posizione asse neutro per M=M _{fess} | y (M _{fess}) | 15.3 | cm |
| | β ₁ | 1 | |
| | β ₂ | 0.5 | |
| Deform. unitaria media dell'arm. | ε _{sm} | 0.00018 | |
| Copriferro netto | c' | 4.0 | cm |
| Altezza efficace | d _{eff} | 19.0 | cm |
| Area efficace | AC _{eff} | 1900 | cm ² |
| Armatura nell'area efficace | AS _{eff} | 15.7 | cm ² |
| | ρ _r | 0.00827 | |
| Distanza tra le barre | s | 20.0 | cm |
| | K ₂ | 0.4 | |
| | K ₃ | 0.125 | |
| Distanza media tra le fessure | s _{fm} | 24.1 | cm |
| Valore medio dell'ap. delle fessure | w _m | 0.04 | mm |
| Valore caratter. dell'ap. delle fessure | w _k | - | mm |

11.6 SOLETTA INFERIORE ALL'INCASTRO

| Sollecitazioni | | | | |
|--|--------------------------------|--------------|-------------------|--|
| Momento flettente | M | 150 | kN m | |
| Sforzo normale | N | 197 | kN | |
| Materiali | | | | |
| Res. caratteristica cls | R _{ck} | 37 | N/mm ² | |
| Tensione ammissibile cls | σ _{amm} | 11.5 | N/mm ² | |
| Res. media a trazione cls | f _{ctm} | 3.0 | N/mm ² | |
| Res. caratteristica a trazione cls | f _{ctk} | 2.1 | N/mm ² | |
| Tensione ammissibile acciaio | σ _{samm} | 260 | N/mm ² | |
| Coefficiente omog. acciaio-cls | n | 15 | | |
| Caratteristiche geometriche | | | | |
| Altezza sezione | H | 70 | cm | |
| Larghezza sezione | B | 100 | cm | |
| Armatura compressa (1° strato) | AS ₁ ¹ | 15.71 | cm ² | 5 Ø 20 c _{s1} = 5.0 cm |
| Armatura compressa (2° strato) | AS ₂ ¹ | 0.00 | cm ² | Ø c _{s2} = 5.0 cm |
| Armatura tesa (2° strato) | AS ₂ | 0.00 | cm ² | Ø c _{t2} = 5.0 cm |
| Armatura tesa (1° strato) | AS ₁ | 22.62 | cm ² | 5 Ø 24 c _{t1} = 5.0 cm |
| Tensioni nei materiali | | | | |
| Compressione max nel cls. | σ _c | 2.7 | N/mm ² | < σ _{camm} |
| Trazione nell'acciaio (1° strato) | σ _s | 72.9 | N/mm ² | < σ _{samm} |
| Eccentricità | e (M) | 76.0 | cm | > H/6 Sez. parzializzata |
| | u (M) | 41.0 | cm | |
| Posizione asse neutro | y (M) | 23.2 | cm | |
| Area ideale (sez. int. reagente) | A _{id} | 7537 | cm ² | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.) | J _{id} | 3375754 | cm ⁴ | |
| Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0) | J _{id} [*] | 1085943 | cm ⁴ | |
| Verifica a fessurazione | | | | |
| Momento di fessurazione (f _{ctk}) | M _{fess} [*] | 228 | kN m | La sezione non è fessurata |
| Momento di fessurazione (f _{ctm}) | M _{fess} | 314 | kN m | |
| Eccentricità per M=M _{fess} | e (M _{fess}) | 159.8 | cm | |
| | u (M _{fess}) | 124.8 | cm | |
| Compressione max nel cls. per M=M _{fess} | σ _{cr} | 5.5 | | |
| Traz. nell'acciaio (1° str.) per M=M _{fess} | σ _{sr} | 194.0 | N/mm ² | |
| Posizione asse neutro per M=M _{fess} | y (M _{fess}) | 19.5 | cm | |
| | β ₁ | 1 | | |
| | β ₂ | 0.5 | | |
| Deform. unitaria media dell'arm. | ε _{sm} | 0.00014 | | |
| Copriferro netto | c' | 3.8 | cm | |
| Altezza efficace | d _{eff} | 21.8 | cm | |
| Area efficace | AC _{eff} | 2180 | cm ² | |
| Armatura nell'area efficace | AS _{eff} | 22.6 | cm ² | |
| | ρ _r | 0.01038 | | |
| Distanza tra le barre | s | 20.0 | cm | |
| | K ₂ | 0.4 | | |
| | K ₃ | 0.125 | | |
| Distanza media tra le fessure | s _{fm} | 23.2 | cm | |
| Valore medio dell'ap. delle fessure | w _m | 0.03 | mm | |
| Valore caratter. dell'ap. delle fessure | w _k | - | mm | |

11.7 RIEPILOGO FESSURAZIONE

Verifiche a fessurazione - Comb. frequenti

Condizioni ambientali aggressive

Limite ap. fessure = $w_1 = 0.2 \text{ mm}$

| | Arm. tesa | | Arm. comp. | | M [kNm/m] | N [kN/m] | wk [mm] |
|------------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|---------------------|--------------------|-------------------|
| | 1° strato | 2° strato | 1° strato | 2° strato | | | |
| Soletta superiore - Campata | 5 Ø20 | - | 5 Ø20 | - | 139 | 48 | - |
| Soletta superiore - Appoggio | 5 Ø24 | - | 5 Ø20 | - | 129 | 92 | - |
| Piedritto - Spiccato | 5 Ø24 | - | 5 Ø20 | - | 148 | 228 | - |
| Piedritto - Sommità | 5 Ø24 | - | 5 Ø20 | - | 152 | 188 | - |
| Soletta inferiore - Campata | 5 Ø20 | - | 5 Ø20 | - | 114 | 95 | - |
| Soletta inferiore - Appoggio | 5 Ø24 | - | 5 Ø20 | - | 150 | 197 | - |

Tutte le sezioni risultano quindi non fessurate.

12 VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO

Carico limite fondazioni superficiali - Formulazione di Meyerhof (1963)

Condizioni drenate, terreno non stratificato, assenza di falda

$$q_{ult} = cN_c s_c d_c i_c + qN_q s_q d_q i_q + 0,5\gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

Fattori di capacità portante per terreni

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \quad (\phi \text{ in gradi})$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1,4\phi)$$

Fattori di capacità portante per rocce

$$N_c = 5 \tan^4 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_q = \tan^6 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_\gamma = N_q + 1$$

Dati di input

| | | |
|---|------------|-------------------------|
| Peso specifico del terreno al di sopra della fondazione | γ_1 | 1800 daN/m ³ |
| Peso specifico del terreno al di sotto della fondazione | γ_2 | 2000 daN/m ³ |
| Angolo di attrito interno del terreno di posa | Φ | 32 ° |
| Coesione del terreno | c | 0 daN/cm ² |
| Tipologia di suolo di fondazione | | terreno |
| Designazione qualità della roccia (solo fond. su roccia) | RQD | % |
| Approfondimento del piano di posa | D | 4.0 m |
| Considerare fattori correttivi di profondità | | NO |
| Larghezza della fondazione (lato minore) | B | 5.2 m |
| Lunghezza della fondazione (lato maggiore) | L | 1.00E+10 m |
| Angolo di inclinazione del carico rispetto alla verticale | θ | 0 ° |
| Eccentricità del carico lungo la larghezza B della fondazione | eB | 0.87 m |
| Eccentricità del carico lungo la lunghezza L della fondazione | eL | 0 m |

Dati di output

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------------|
| Dimensioni efficaci della fondazione per carico eccentrico | B' | 3.466667 m |
| | L' | 1E+10 m |
| Coefficiente di spinta passiva | Kp | 3.25 |
| Fattori di capacità portante <i>secondo Meyerhof</i> | Nc | 35.490 |
| | Nq | 23.177 |
| | N γ | 22.022 |
| Fattori correttivi di forma | sc | 1.000 |
| | sq | 1.000 |
| | sy | 1.000 |
| Fattori correttivi di profondità | dc | 1.000 |
| | dq | 1.000 |
| | dy | 1.000 |
| Fattori correttivi di inclinazione del carico | ic | 1.000 |
| | iq | 1.000 |
| | iy | 1.000 |
| Contributo alla resistenza della coesione | c Nc sc dc ic | 0.000 daN/cm ² |
| Contributo alla resistenza del sovraccarico | q Nq sq dq iq | 16.687 daN/cm ² |
| Contributo alla resistenza del peso del terreno | 0,5 γ_2 B' N γ sy dy iy | 7.634 daN/cm ² |
| Carico limite fondazione-terreno | q _{ult} | 24.32 daN/cm ² |
| Coefficiente di sicurezza | γ_R | 2.3 |
| Carico ammissibile sul terreno | q_{amm} | 10.57 daN/cm² |

Per quanto riguarda la verifica delle pressioni sul terreno, dal tabulato di calcolo risulta:

| TABLE: Joint Reactions | | | | | |
|------------------------|------------|-------------|----------|-------|-------------|
| Joint | OutputCase | CaseType | StepType | F3 | σ |
| Text | Text | Text | Text | KN | kg/cm2 |
| 3 | INVSLU | Combination | Max | 248.8 | 4.70 |
| 3 | INVSLU | Combination | Min | 92.4 | 1.74 |
| 4 | INVSLU | Combination | Max | 138.5 | 3.01 |
| 4 | INVSLU | Combination | Min | 60.5 | 1.31 |

$$\sigma_{\max} = 4.70 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_{\text{amm}} = 10.57 \text{ daN/cm}^2$$