



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA  
DETERMINATASI NEL SETTORE DEL TRAFFICO E DELLA MOBILITÀ NEL  
TERRITORIO DELLE PROVINCE DI TREVISO E VICENZA

# SUPERSTRADA A PEDAGGIO PEDEMONTANA VENETA

CONCESSIONARIO		PROGETTISTA
<p><b>SPV srl</b> Via Inverio, 24/A 10146 Torino</p>	<p style="text-align: center;">Società di progetto ai sensi dell'art. 156 D.LGS 163/06 subentrato all'ATI</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">   <small>SIS Scpa Via Inverio, 24/A 10146 Torino</small> </div> <div style="text-align: center;">   <small>SACYR S.A.</small> </div> <div style="text-align: center;">   <small>INC S.p.A.</small> </div> <div style="text-align: center;">   <small>SPAL S.p.A.</small> </div> <div style="text-align: center;">   <small>INFRASTRUCTURAS S.A. Paseo de la Castellana, 83-85 28046 Madrid</small> </div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: right;"> <p><b>IGO Srl</b> Via Inverio, 24/A 10146 - Torino</p> </div> </div>
<p style="text-align: center;"><b>RESPONSABILE PROGETTAZIONE</b></p> <p>ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CUNEO <b>1211</b> Dott. Ing. <i>Claudio Dogliani</i></p>	<p style="text-align: center;"><b>RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE DELL'INFRASTRUTTURA E DELLE OPERE CIVILI</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>GEOLOGO</b></p>	

N. Progr. _____ Cartella N. _____	<h2 style="margin: 0;">PROGETTO DEFINITIVO</h2> <p style="margin: 0;">(C.U.P. H51B03000050009)</p>	LOTTO 3 - TRATTA "F" dal Km. 54+755 al Km 55+495
--------------------------------------	--	---

**TITOLO ELABORATO: PROGETTO DELL'INFRASTRUTTURA  
SEGNALETICA STRADALE  
SEGNALETICA STRADALE TIPOLOGICI**

Relazione di calcolo - Portale a bandiera - Tabella 4,00 x 2,00 m - pk 55+000 - pk 55+320

<b>P V D S C G E G E 3 F 0 0 0 - 0 0 4 0 0 0 1 R A 0</b>	SCALA: _____
--	--------------

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
0	PRIMA EMISSIONE	IGS	05/03/2012	IGO	09/03/2012	SIS	14/03/2012

<p><b>IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:</b></p> <p style="text-align: center;">Ing. Giuseppe FASIOL</p>	<p><b>IL COMMISSARIO:</b></p> <p style="text-align: center;">Ing. Silvano VERNIZZI</p>	<p><input type="checkbox"/> <b>VALIDAZIONE:</b></p> <p>PROTOCOLLO : _____</p> <p>DEL: _____</p>
---	--	---

## 1) NORME ADOTTATE

- D.M. 14/01/08 “Norme tecniche per le costruzioni”
- Circ. Min. II. TT. 02/02/09 n° 617 AA.GG/S.T.C. “Istruzioni per l’applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/08
- CNR 10011/97 Costruzioni di acciaio: Istruzioni per il calcolo l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione
- CNR 10022/85 Profilati formati a freddo: istruzioni per l’impiego nelle costruzioni
- UNI EN 1991-1-4 - Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Azioni del vento
- CNR-DT 207/2008 – Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni
- UNI EN 1993-1-1 - Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1993-1-3 - Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Regole generali - regole supplementari per l’impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo
- UNI EN 1997-1 – Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Regole generali
- UNI EN 10025 – Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali

## 2) MATERIALI IMPIEGATI

- Acciaio – struttura

Per la struttura verranno impiegati tubolari in acciaio S275JR-BS.

Le superfici saranno accuratamente decappate, quindi zincate a caldo.

Le saldature saranno realizzate secondo le prescrizioni di cui al punto 2.5.3 delle norme CNR – UNI 10011.

- Bulloni

Verranno impiegati bulloni per le flange di classe 8.8 dotati di opportuni sistemi antisvitamento.

- Calcestruzzo armato

Per le fondazioni si utilizzerà:

Calcestruzzo di classe C20/25 MPa

Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450C

## 3) Resistenze di calcolo

Vengono adottati i seguenti valori:

- Acciaio S275JR

$f_{d,16} = 275 \text{ Mpa}$  (per spessori minori di 16 mm.)

$f_{d,40} = 265 \text{ Mpa}$  (per spessori minori di 40 mm.)

- Bulloni

$f_{d,N} = 560 \text{ Mpa}$

$f_{d,V} = 396 \text{ Mpa}$  Classe 8.8

#### 4) CARATTERISTICHE DELLA STRUTTURA

Altezza del ritto: 6750 mm  
Sbraccio massimo: 8000 mm  
Lunghezza traverso: 7800 mm.  
H libera dal piano strad.: 5500 mm.

##### **Targa 1**

B = 4000 mm.  
H = 2000 mm.

Peso Proprio (targa + sostegni)

P = 1.7 KN

## 5) CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI RESISTENTI

Le caratteristiche di resistenza dei profili utilizzati vengono calcolate in base al metodo delineato nelle Norme Tecniche 2008 e relativa circolare.

### Sezione ritto

#### Caratteristiche della sezione lorda

$$a = 291 \text{ mm}$$

$$b = 690 \text{ mm}$$

$$s = 6 \text{ mm}$$

$$r_i = 6 \text{ mm}$$

$$r_e = 12 \text{ mm}$$

$$A = 11540 \text{ mm}^2$$

$$W_y = 2051580 \text{ mm}^3$$

$$W_z = 1279800 \text{ mm}^3$$

$$J_{yy} = 707794320 \text{ mm}^4$$

$$J_{zz} = 186210560 \text{ mm}^4$$

$$\text{Peso Proprio} = A \times 7,85 \times 10^{-5} = 0.906 \text{ KN/m}$$

Classificazione della sezione

$$a_p = a - 2 \times r_e = 279 \text{ mm}$$

$$a_p/s = 47 \rightarrow \text{Classe 1 per flessione, Classe 4 x compressione}$$

$$b_p = 678 \text{ mm}$$

$$b_p/s = 113 \rightarrow \text{Classe 3 per flessione, Classe 4 x compressione} \rightarrow \text{Classe 4}$$

Determinazione dei parametri della sezione efficace

I parametri della sezione efficace vengono determinati con il metodo iterativo delineato nelle Istruzioni, dopo il calcolo dei parametri di sollecitazione.

## Sezione traverso

### Caratteristiche della sezione lorda

$$a = 400 \text{ mm}$$

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$s = 5 \text{ mm}$$

$$r_i = 5 \text{ mm}$$

$$r_e = 10 \text{ mm}$$

$$A = 9840 \text{ mm}^2$$

$$W_y = 1732910 \text{ mm}^3$$

$$W_z = 1408140 \text{ mm}^3$$

$$J_{yy} = 519872050 \text{ mm}^4$$

$$J_{zz} = 281627810 \text{ mm}^4$$

$$\text{Peso Proprio} = A \times 7,85 \times 10^{-5} = 0.77 \text{ KN/m}$$

Classificazione della sezione

$$a_p = a - 2 \times r_e = 380.00 \text{ mm}$$

$$a_p/s = 76.00 \rightarrow \text{Classe 1 per flessione, Classe 4 x compressione}$$

$$b_p = 580.00 \text{ mm}$$

$$b_p/s = 116.00 \rightarrow \text{Classe 3 per flessione, Classe 4 x compressione} \rightarrow \text{Classe 4}$$

Determinazione dei parametri della sezione efficace

I parametri della sezione efficace vengono determinati con il metodo iterativo delineato nelle Istruzioni, dopo il calcolo dei parametri di sollecitazione.

**Giunto di base**

Il giunto di base è costituito da una flangia di adeguato spessore ancorata al plinto di fondazione mediante tirafondi annegati nel getto. I tirafondi sono saldati a due piastre di posizionamento di cui quella inferiore funge anche da contrasto allo sfilamento del tirafondo stesso

$a = 500 \text{ mm}$

$b = 900 \text{ mm}$

$s = 30 \text{ mm}$

Tirafondi: 20 M30 – S235JR

La resistenza all'estrazione del tirafondo è garantita da una piastra di contrasto saldata all'estremità inferiore del tirafondo stesso.

**Giunto trasverso**

$a = 530 \text{ mm}$

$b = 730 \text{ mm}$

$s = 20 \text{ mm}$

Bulloni: 16 M 20 classe 8.8 accoppiati con dadi anti svitamento.

## AZIONI SULLA STRUTTURA

Il carico da vento è determinato in base al D.M. 14/01/08 e alla Circ. Min. II. TT. 02/02/09 n° 617 AA.GG/S.T.C. Per la determinazione di alcuni coefficienti si è fatto utile riferimento all'Eurocodice 1. I parametri che determinano il valore del carico assunto sono:

- La zona di installazione della struttura
- L'altitudine del luogo di installazione
- Le caratteristiche di rugosità del luogo di installazione
- La distanza dalla costa del luogo di installazione
- L'altezza massima della struttura
- La tipologia della superficie investita

Zona = 1

Altitudine s.l.m.m. = 100 m

Distanza dalla costa = 50 Km

Rugosità = "D"

Categoria di esp. = II

Che determina la curva da utilizzare per il calcolo del coefficiente di esposizione in funzione dell'altezza massima della struttura

Altezza max. = 8000 mm.

$c_e = 2.212$

Il coefficiente di topografia così come quello dinamico viene assunto pari a 1. I coefficienti di forma per la targa e per la struttura possono essere desunti dall'Eurocodice UNI ENV 1991-2-4:

$c_{f,t1} = 1,800$

$c_{f,str} = 1,400$

Per la zona in esame il carico di riferimento è pari a:

$$q_{ref} = 390.625 \text{ N/m}^2$$

Da cui si ricavano i valori assunti nel calcolo

$$Q_{v,t1} = q_{ref} \cdot c_e \cdot c_{f,t1} \cdot A_{t1} = 15.56 \text{ KN sulla targa 1}$$

$$Q_{v,t2} = q_{ref} \cdot c_e \cdot c_{f,t1} \cdot A_{t1} = 6.0 \text{ KN sulla targa 2}$$

$$Q_{v,t3} = q_{ref} \cdot c_e \cdot c_{f,t1} \cdot A_{t1} = 6.00 \text{ KN sulla targa 3}$$

$$q_{v,str} = q_{ref} \cdot c_e \cdot c_{f,str} \cdot A_{str} = 1.210 \text{ KN/m}^2 \text{ sulla struttura}$$

Il carico sulle targhe, assunto come concentrato, è applicato, come previsto dall'Eurocodice, a metà dell'altezza e, in orizzontale a una distanza pari ad un quarto della base dal baricentro della targa stessa, nella direzione più sfavorevole.

Si riassumono di seguito le forze applicate sul portale e le coordinate dei relativi punti di applicazione rispetto al piede del ritto del portale

### Forze orizzontali

N°	Valore (KN)	X (m)	Y (m)	Descrizione
H <sub>1</sub>	3.32	0.00	3.69	Vento sul ritto
H <sub>2</sub>	1.94	2.00	6.75	Vento sul traverso
H <sub>3</sub>	15.56	7.00	6.75	Vento sulla targa

### Forze verticali

N°	Valore (KN)	X (m)	Y (m)	Descrizione
V <sub>1</sub>	6.11	0.0	2,75	Peso proprio ritto
V <sub>2</sub>	6.02	3.90	6.75	Peso proprio traverso
V <sub>3</sub>	1.7	6.00	6.75	Peso proprio targa

**PARAMETRI DI SOLLECITAZIONE NELLE SEZIONI****Sollecitazioni massime sul ritto**

$$M_{a,sd,r} = 1,5 \times \sum(H_i \cdot y_i) = \mathbf{195.75 \text{ KN} \cdot \text{m}}$$

$$M_{b,sd,r} = 1,3 \times \sum(V_i \cdot x_i) = \mathbf{45.67 \text{ KN} \cdot \text{m}}$$

$$M_{t,sd,r} = 1,5 \times \sum(H_i \cdot x_i) = \mathbf{169.14 \text{ KN} \cdot \text{m}}$$

$$T_{a,sd,r} = 1,5 \times \sum(H_i) = \mathbf{31.21 \text{ KN}}$$

$$T_{b,sd,r} = \mathbf{0,00 \text{ KN}}$$

$$N_{sd,r} = 1,3 \times \sum(V_i) = \mathbf{18.19 \text{ KN}}$$

**Sollecitazioni massime sul traverso**

$$M_{a,sd,tr} = M_{t,sd,r} = \mathbf{169.14 \text{ KN} \cdot \text{m}}$$

$$M_{b,sd,tr} = M_{b,sd,r} = \mathbf{45.38 \text{ KN} \cdot \text{m}}$$

$$M_{t,sd,tr} = 1,5 \times \sum[H_i \cdot (y_i - h_{trav})] = \mathbf{0.00 \text{ KN} \cdot \text{m}}$$

$$T_{a,sd,tr} = 1,5 \times \sum(H_i) = \mathbf{26.24 \text{ KN}}$$

$$T_{b,sd,tr} = 1,3 \times \sum(V_i) = \mathbf{9.47 \text{ KN}}$$

$$N_{sd,tr} = \mathbf{0.0}$$

**VERIFICHE DI RESISTENZA DEI PROFILI**

Verifica di resistenza sez. di base del ritto

Verifica alla presso flessione biassiale

$$A_{\text{eff}} = 10100 \text{ mm}^2; W_{y,\text{eff}} = 1841800 \text{ mm}^3; W_{z,\text{eff}} = 917470 \text{ mm}^3$$

$$N_{a,\text{sd}} / A_{\text{eff}} + (M_{a,\text{sd}} + \Delta M_{a,\text{sd}}) / W_{a,\text{eff}} + M_{b,\text{sd}} + \Delta M_{b,\text{sd}} / W_{b,\text{eff}} = 157.9 < f_y / \gamma_{m,0} = 262$$

Verifica al taglio (E.C. 3)

Resistenza plastica al taglio

$$V_{\text{pl,Rd}} = 2 \times h_w \times s \times f_y / 1,732 / 1,05 = 2 \times 678.7 \times 6 \times 275 / 1,732 / 1,05 = 1231.57 \text{ KN}$$

Resistenza all'instabilità per taglio

$$\lambda_w = h_w / s / (86,4 \times \varepsilon) = 678.7 / 6 / (86,4 \times 0,92) = 142$$

$$f_{bV} = 0,48 \times f_y / \lambda_w = 0,48 \times 275 / 0,81 = 90 \text{ Mpa}$$

$$V_{b,Rd} = 2 \times h_w \times s \times f_{bV} / 1,05 = 712.47 \text{ KN}$$

$$T_{a,\text{sd}} = 31.21 \text{ KN} < \min (V_{b,Rd}, V_{\text{pl,Rd}}) \rightarrow \text{Verificato}$$

Verifica in termini tensionali

$$\tau_v = T_{\text{asd},r} \times S_a / (J_a \times 2s) + T_{\text{bsd},r} \times S_b / (J_b \times 2s) = 4.6 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\text{tor}} = M_{\text{tsd},r} / (2 \times A_{\text{tor}} \times s) = 72.3 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\text{tot,ed}} = \tau_v + \tau_{\text{tor}} = 77.0 \text{ Mpa}$$

$$(\sigma_{\text{tot,ed}}^2 + 3 \tau_{\text{tot,ed}}^2)^{1/2} = 206.7 \text{ Mpa} < 262$$

## Verifica di resistenza sez. del traverso

## Verifica alla presso flessione biassiale

$$A_{\text{eff}} = 7890 \text{ mm}^2; W_{y,\text{eff}} = 1108820 \text{ mm}^3; W_{z,\text{eff}} = 1098590 \text{ mm}^3$$

$$N_{a,\text{sd}} / (f_y \cdot A_{\text{eff}}) + (M_{a,\text{sd}} + \Delta M_{a,\text{sd}}) / W_{a,\text{eff}} + (M_{b,\text{sd}} + \Delta M_{b,\text{sd}}) / W_{b,\text{eff}} = 193.8 < f_y / \gamma_{m,0} = 262$$

## Verifica al taglio (E.C. 3)

## Resistenza plastica al taglio

$$V_{\text{pl,Rd}} = 2 \times h_w \times s \times f_y / 1,732 / 1,05 = 2 \times 589.9 \times 6 \times 275 / 1,732 / 1,05 = 891.99 \text{ KN}$$

## Resistenza all'instabilità per taglio

$$\lambda_w = h_w / s / (86,4 \times \varepsilon) = 678.7 / 5 / (86,4 \times 0,92) = 1.48$$

$$f_{bV} = 0,48 \times f_y / \lambda_w = 0,48 \times 275 / 0,81 = 80 \text{ Mpa}$$

$$V_{b,Rd} = 2 \times h_w \times s \times f_{bV} / 1,05 = 474.40 \text{ KN}$$

$$T_{a,\text{sd}} = 26.24 \text{ KN} < \min (V_{b,Rd}, V_{\text{pl,Rd}}) \rightarrow \text{Verificato}$$

**VERIFICA DEL GIUNTO DI BASE**

Si considera reagente la sola sezione costituita dalle sezioni dei tirafondi, trascurando il contributo fornito dal cls.

$$A_{\text{tiraf}} = 581 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{tiraf,tot}} = 581 * 8 = 11620 \text{ mm}^2$$

$$d_{1,\text{max}} = 410 \text{ mm}$$

$$d_{2,\text{max}} = 210 \text{ mm}$$

$$d_{\text{max}} = (d_{1,\text{max}}^2 + d_{2,\text{max}}^2)^{1/2} = 461 \text{ mm}$$

$$\Sigma d_1^2 = 2161500 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma d_2^2 = 661500 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma d^2 = 2823000 \text{ mm}^2$$

Tirafondo maggiormente sollecitato (angolo)

Azione assiale dovuta allo sforzo normale

$$N_n = N_{\text{sd}} / 8 = 0.91 \text{ kN}$$

Azione assiale dovuta al momento

$$N_m = M_{a,\text{sd}} / \Sigma d_1^2 * d_{1,\text{max}} + M_{b,\text{sd}} / \Sigma d_2^2 * d_{2,\text{max}} = 51.63 \text{ kN}$$

Azione tagliante dovuta al momento torcente

$$T_{\text{mt}} = M_t / \Sigma d^2 * d_{\text{max}} = 27.60 \text{ kN}$$

Azione tagliante dovuta al taglio

$$T_t = T_{a,\text{sd}} / 8 = 1.56 \text{ kN}$$

Sforzo Assiale resistente di calcolo

$$N_{r,d} = 0.9 * 400 * 581 / 1.25 = 167.33 \text{ kN}$$

Azione tagliante resistente di calcolo

$$PV\_D\_SC\_GE\_GE\_3\_F\_000-004\_0\_001\_R\_A\_0$$

$$T_{r,d} = 0.6 * 400 * 581 / 1.25 = 111.55 \text{ kN}$$

$$N_{s,d} = 1,25 * (N_m + N_n) = 65.67 \text{ kN (Maggiorazione effetto leva)}$$

$$T_{s,d} = T_{mt} + T_t = 29.16 \text{ kN}$$

$$N_{s,d} / (1.4 * N_{r,d}) + T_{s,d} / T_{r,d} = 0.542 < 1 \rightarrow \text{Verificato}$$

$$N_{s,d} / N_{r,d} = 0.392 < 1 \rightarrow \text{Verificato}$$

## VERIFICA DEL GIUNTO SUL TRAVERSO

Bulloni M20 – Classe 8.8

$$A_{res,bull} = 192 \text{ mm}^2$$

$$f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yb} = 649 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{t,Rd} = 0.9 \times f_{tb} \times A_{res,bull} / \gamma_{M2} = 110.59 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 0.6 \times f_{yb} \times A_{res,bull} / \gamma_{M2} = 73.73 \text{ kN}$$

Flangia

$$t = 20 \text{ mm}$$

Resistenza a punzonamento

$$B_{p,Rd} = 0.6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_{tk} / \gamma_{M2}$$

$$d_m = 27 \text{ mm}$$

$$B_{p,Rd} = 223.93 \text{ kN}$$

Asse a-a

$y = 60.3 \text{ mm}$  (Valore che rende uguali il momento statico dell'area compressa e di quella tesa)

$$J = b \cdot y^3 / 3 + \sum A_i \cdot y_i^2 = 559955481 \text{ mm}^4$$

$$y_{max} = 700 \text{ mm}$$

Le sollecitazioni sul giunto vengono assunte a favore della sicurezza pari a quelle massime del traverso

$$N_a = [M_{a,sd,tr} / J \cdot (y_{max} - y)] \cdot A_{res,bull} = 28.45 \text{ kN}$$

$$T_a = T_{a,sd,tr} / n_{bull} = 1.53 \text{ kN}$$

Asse b-b

$$y = 43.6 \text{ mm}$$

$$J = b \cdot y^3 / 3 + \sum A_i \cdot (x_i - y)^2 = 287299149 \text{ mm}^4$$

$$x_{max} = 500 \text{ mm}$$

$$N_b = [M_{b,sd,tr} / J \cdot (y_{max} - y)] \cdot A_{res,bull} = 3.86 \text{ kN}$$

$$T_b = T_{b,sd,tr} / n_{bull} = 0.43 \text{ kN}$$

$$PV\_D\_SC\_GE\_GE\_3\_F\_000-004\_0\_001\_R\_A\_0$$

$$F_{v,Ed} = T_a + T_b = 3.06 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} = N_a + N_b = 32 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} = 0.29 < 1$$

$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 \times F_{t,Rd}) = 0.25 < 1$$

**VERIFICA DEL PLINTO DI FONDAZIONE**Dimensioni: **140 x 500 x 90** cm

Sollecitazioni alla base del ritto:

$$M_x = 130.50 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_y = 35.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$T_y = 20.81 \text{ kN}$$

$$T_x = 0.00 \text{ kN}$$

$$N = 13.99 \text{ kN}$$

Sollecitazioni alla base del plinto:

$$M_x = 149.23 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_y = 35.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$T_y = 20.81 \text{ KN}$$

$$T_x = 0.00 \text{ KN}$$

$$N = 171.49 \text{ KN}$$

I parametri geotecnici del terreno vengono assunti dalla relazione geologica relativa al sito di installazione:

Falda freatica:	Assente	
Peso di volume:	$\gamma_k = 18.5$	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al Taglio:	$\Phi'_k = 33^\circ$	
Coesione:	$C'_k = 0$	kPa

Si assume un angolo di attrito fondazione-terreno pari a:

$$\delta_k = 0.75 \times \Phi'_k = 24.75^\circ$$

**Verifica allo stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU) (Ribaltamento)**

Ai fini della verifica le azioni verticali sono favorevoli

- Asse x

$$V_d = \gamma_{G1} \times N = 0,9 \times 171.49 = 154.34 \text{ kN}$$

$$R_d = V_d \times L/2 = 154.34 \times 1.40 / 2 = 385.85 \text{ kNm}$$

$$E_d = \gamma_Q \times M_x = 1,5 \times 149.23 = 223.84 \text{ kNm}$$

$$R_d > E_d \rightarrow \text{Verificato}$$

- Asse y

$$V_d = \gamma_{G1} \times N = 0,9 \times 171.49 = 154.34 \text{ kN}$$

$$R_d = V_d \times B/2 = 154.34 \times 5.00 / 2 = 108.04 \text{ kNm}$$

$$E_d = \gamma_Q \times M_y = 1,5 \times 35.13 = 52.70 \text{ kNm}$$

$$R_d > E_d \rightarrow \text{Verificato}$$

**Verifica allo stato limite di scorrimento sul piano di posa (GEO)**

Si utilizza l'Approccio 2 (NT2008)

$$\gamma_Q = 1.5 \text{ (da Tabella 6.2.I colonna A1)}$$

$$E_d = \gamma_Q \times T = 1,5 \times 20.81 = 31.21 \text{ KN}$$

Coefficiente d'attrito di progetto:

$$\gamma_{\Phi'} = 1 \text{ (da Tabella 6.2.II colonna M1)}$$

$$\text{tg}(\delta)_d = \text{tg}(\delta)_k / \gamma_{\Phi'} = 0.461$$

$$\gamma_{G1} = 1 \text{ (da Tabella 6.2.I colonna A1)}$$

$$\gamma_R = 1.1 \text{ (da Tabella 6.4.I colonna R3)}$$

$$R_d = [\gamma_{G1} \times N \times \text{tg}(\delta)_d] / \gamma_R = [1.0 \times 171.49 \times \text{tg}(\delta)] / 1.1 = 71.87$$

$$R_d > E_d \rightarrow \text{Verificato}$$

**Verifica della capacità portante (GEO)**

Si utilizza l'Approccio 2 (NT2008)

$$\gamma_G = 1.3 \text{ (da Tabella 6.2.I colonna A1)}$$

$$V_d = \gamma_G \times N = 1,3 \times 171.49 = 222.94 \text{ KN}$$

$$\gamma_Q = 1.5 \text{ (da Tabella 6.2.I colonna A1)}$$

$$M_{x,d} = \gamma_Q \times M_x = 1,5 \times 149.23 = 223.84 \text{ KNm}$$

$$e_{x,d} = M_{x,d} / V_d = 223.84 / 222.94 = 1.00 \text{ m}$$

$$L' = L - 2 \times e_{x,d} = 5.00 - 2 \times 1.00 = 2.99 \text{ m}$$

$$M_{y,d} = \gamma_G \times M_y = 1,5 \times 35.13 = 52.70 \text{ KNm}$$

$$e_{y,d} = M_{y,d} / V_d = 52.70 / 222.94 = 0.24 \text{ m}$$

$$B' = B - 2 \times e_{y,d} = 1.40 - 2 \times 0.24 = 0.93 \text{ m}$$

$$A' = B' \times L' = 0.93 \times 2.99 = 2.77 \text{ m}^2$$

$$\gamma_{\Phi'} = 1 \text{ (da Tabella 6.2.II colonna M1)}$$

$$\Phi'_{d'} = \Phi'_{k'}$$

Pressione latitante la fondazione

$$q = \gamma \times D = 18.5 \times 0.9 = 16.65 \text{ kPa}$$

Fattori di cap. portante:	$N_c = 38.64$	$N_q = 26.09$	$N_\gamma = 32.59$
---------------------------	---------------	---------------	--------------------

Fattori di forma:	$s_c = 1.21$	$s_q = 1.20$	$s_\gamma = 0.88$
-------------------	--------------	--------------	-------------------

Fattori di profondità:	$d_c = 1.27$	$d_q = 1.26$	$d_\gamma = 1.00$
------------------------	--------------	--------------	-------------------

Fattori di inclinazione:	$i_c = 1.00$	$i_q = 0.79$	$i_\gamma = 0.70$
--------------------------	--------------	--------------	-------------------

Fattori di inclinazione del piano di posa = 1

Fattori di inclinazione del piano di campagna = 1

Capacità portante di progetto:

$$q_{lim,d} = c \times N_c \times s_c \times d_c \times i_c + q \times N_q \times s_q \times d_q \times i_q + 0.5 \times \gamma \times B' \times N_\gamma \times s_\gamma \times d_\gamma \times i_\gamma = 693.68 \text{ kPa}$$

$$R_d = q_{lim,d} \times A' / \gamma_R = 693.68 \times 2.77 / 2.3 = 836.72 \text{ kN}$$

$$E_d = V_d = 222.94 \text{ kN}$$

**$R_d > E_d \rightarrow$  Verificato**

### **Verifica armatura longitudinale (STR)**

Armatura: 12  $\emptyset$  12 B450C

$$A_s = 1357 \text{ mm}^2$$

$$f_{sd} = 390 \text{ MPa}$$

Classe cls 20/25

$$b = 1400 \text{ mm}$$

$$h = 850 \text{ mm}$$

$$M_{sd} = 1,3 \times N \times 1.50 - pp_{pl}/2 \times L/4 = 235.97 \text{ kNm}$$

La rottura della sezione avviene per raggiungimento della deformazione limite nell'acciaio

$$M_{rd} = 0.964 \times h \times A_s \times f_{sd} = 434 \text{ kNm} > M_{sd} \rightarrow \text{verificato}$$