

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)

Ponti e viadotti

VI53 - Ponte sulla NV06 alla pk 2+268

Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

RS3U 40 D 29 CL VI5300 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Apr-2020	F. Ravetta	Apr-2020	A. Barreca	Apr-2020	F. Arduini Apr-2020

File: RS3U.4.0.D.29.CL.VI.53.0.0.001.A

n. Elab.: 29_452

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	1 di 102

1.	PREMESSA	4
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
3.	MATERIALI	9
3.1	CALCESTRUZZO IMPALCATO	9
3.2	CALCESTRUZZO SPALLE	9
3.3	CALCESTRUZZO PALI	10
3.4	ACCIAIO D'ARMATURA	10
3.5	ACCIAIO DI CARPENTERIA	11
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	12
5.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	13
6.	IMPALCATO	15
6.1	ANALISI DEI CARICHI	15
6.1.1	<i>Carichi permanenti</i>	15
6.1.2	<i>Carichi accidentali ferroviari</i>	16
6.1.3	<i>Vento</i>	18
6.2	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	19
6.2.1	<i>Calcolo delle sollecitazioni sulla fascia centrale di 4,00m</i>	19
6.2.2	<i>Calcolo delle sollecitazioni sulla trave di bordo della fascia</i>	21
6.3	VERIFICHE DI RESISTENZA	23
6.4	CALCOLO DELLA PRIMA FREQUENZA	25
6.5	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ	26
6.6	VERIFICA DEGLI SBALZI	28
6.6.1	<i>Verifica con schema di carico 4 (10 kN)</i>	28
6.6.2	<i>Verifica con barriera antirumore e vento sulla barriera</i>	32
7.	DISPOSITIVI DI APPOGGIO	36
7.1	SCARICHI AGLI APPOGGI (SLU)	38
8.	SPALLE	39

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	2 di 102

8.1	GENERALITÀ	39
8.1.1	<i>Modelli a mensola per la verifica delle spalle</i>	39
8.1.2	<i>Condizioni elementari e combinazioni di carico</i>	39
8.1.3	<i>Sistemi di riferimento ed unità di misura</i>	42
8.1.4	<i>Geometria della spalla</i>	43
8.2	ANALISI DEI CARICHI	44
8.2.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i>	44
8.2.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i>	44
8.2.3	<i>Carichi da traffico verticali</i>	45
8.2.4	<i>Effetti dinamici</i>	46
8.2.5	<i>Carichi da traffico orizzontali</i>	46
8.2.6	<i>Spinta statica del terrapieno</i>	46
8.2.7	<i>Sovraccarico sul terrapieno</i>	47
8.2.8	<i>Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche</i>	48
8.2.9	<i>Azione sismica</i>	49
8.2.10	<i>Incremento di spinta del terrapieno</i>	53
8.2.11	<i>Inerzie strutturali</i>	53
8.2.12	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i>	53
8.3	SOLLECITAZIONI	53
8.3.1	<i>Muro paraghiaia</i>	53
8.3.2	<i>Muro frontale</i>	54
8.3.3	<i>Plinto di fondazione</i>	55
8.4	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	56
8.4.1	<i>Paraghiaia</i>	56
8.4.2	<i>Muro frontale</i>	59
8.4.3	<i>Zattera di fondazione</i>	64
8.4.4	<i>Verifica del baggiolo</i>	66

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 3 di 102

8.4.5	Verifica dei ritegni sismici.....	71
8.4.6	Verifica dei giunti.....	74
9.	PALI DI FONDAZIONE	78
9.1	VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE.....	78
9.1.1	Condizioni drenate	80
9.1.2	Condizioni non drenate	82
9.2	VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE	84
9.2.1	Condizioni DRENATE	87
9.2.2	Condizioni NON DRENATE	89
9.3	CALCOLO DEI CEDIMENTI.....	91
9.4	VERIFICHE STRUTTURALI.....	92
11.	ANALISI DI STABILITÀ DELLO SCAVO PROVVISORIO.....	99
11.1	METODOLOGIE DI CALCOLO	99
11.2	ANALISI DEI CARICHI	99
11.2.1	Azioni sismiche	99
11.3	COMBINAZIONI DI CALCOLO E VERIFICHE	99

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 4 di 102

1. PREMESSA

Il presente documento riguarda il dimensionamento del sottovia in corrispondenza della nuova viabilità NV06, denominato VI53, inquadrato all'interno dei lavori di costruzione del nuovo collegamento ferroviario Palermo-Catania, specificamente del Lotto 4 di tale progetto, dalla progr. 2+260.00 km alla progr. 2+275.00 km circa.

Di seguito si riportano l'inquadramento dell'opera nel progetto (fig.1), le sezioni (fig.2) e la planimetria (fig.3):

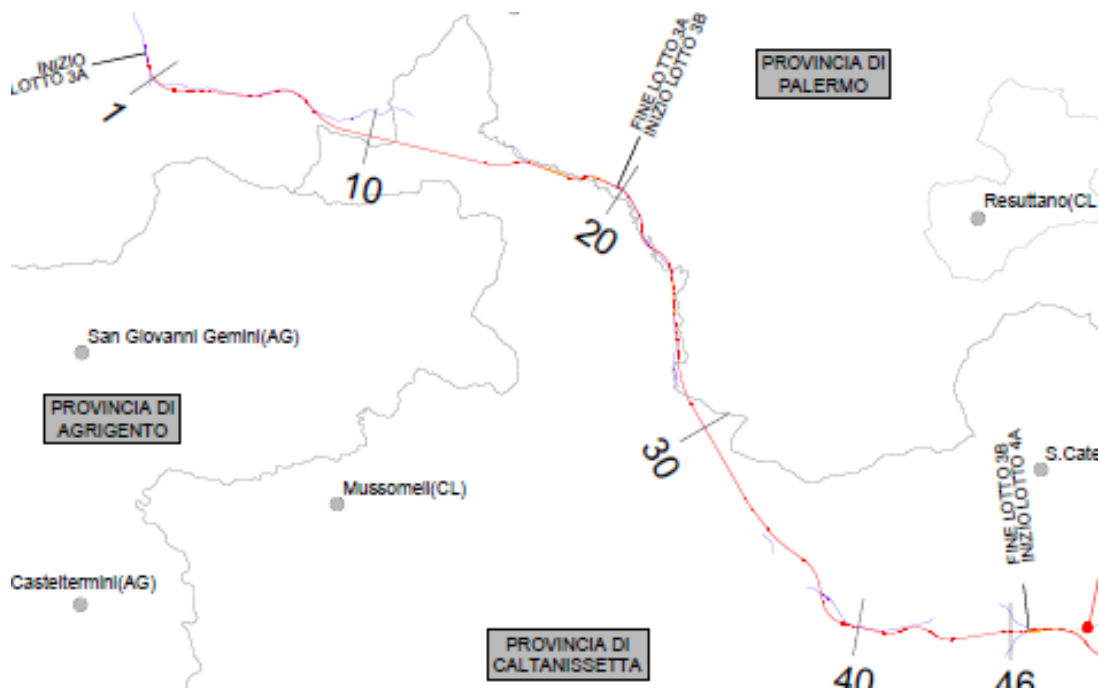


Figura 1 – Inquadramento VI53.

VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3U

40

D 29 CL

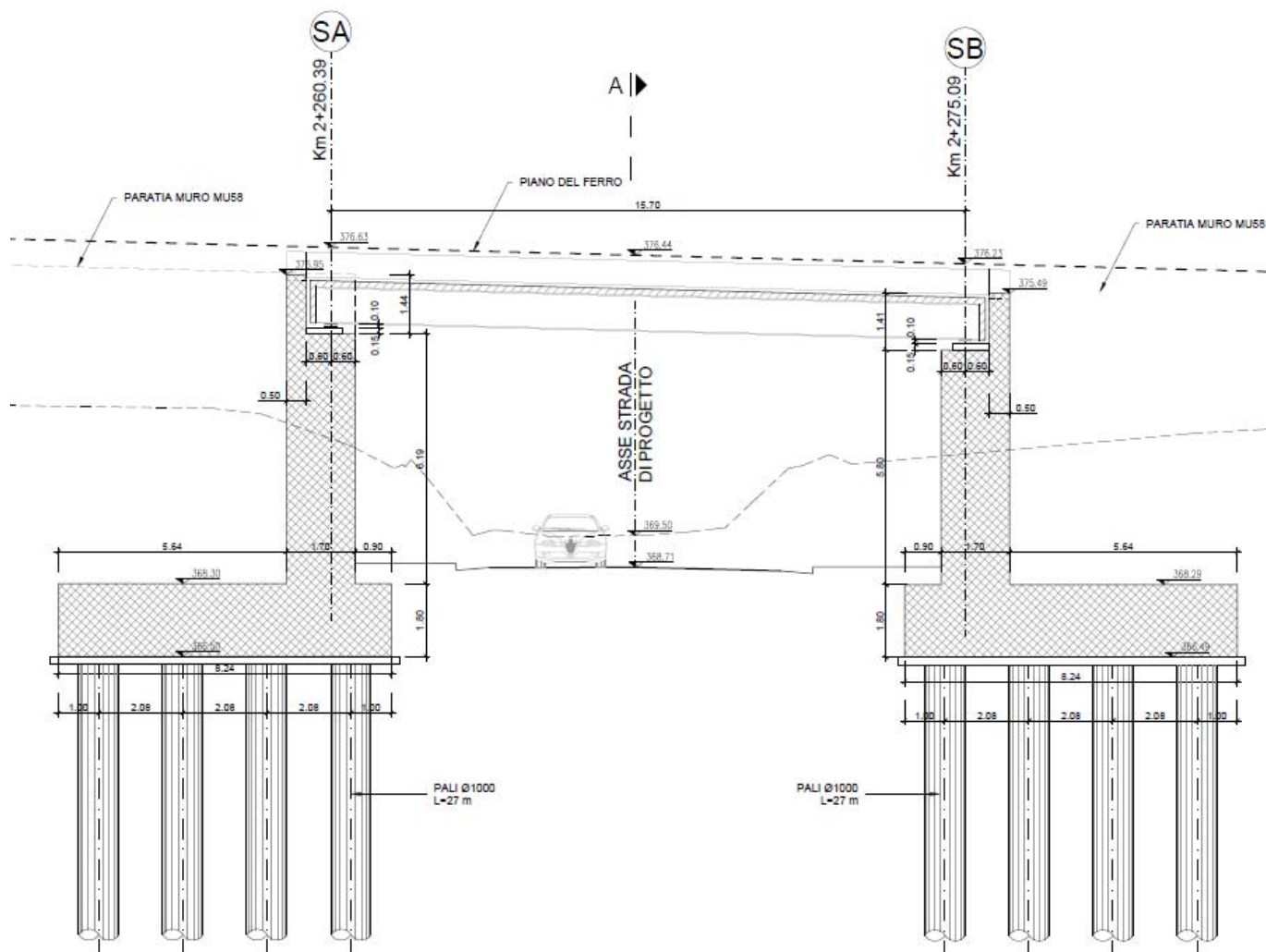
VI 53 00 001

A

5 di 102

SEZIONE LONGITUDINALE

SCALA 1:100



VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3U

40

D 29 CL

VI 53 00 001

A

6 di 102

SEZIONE A-A

SCALA 1:100

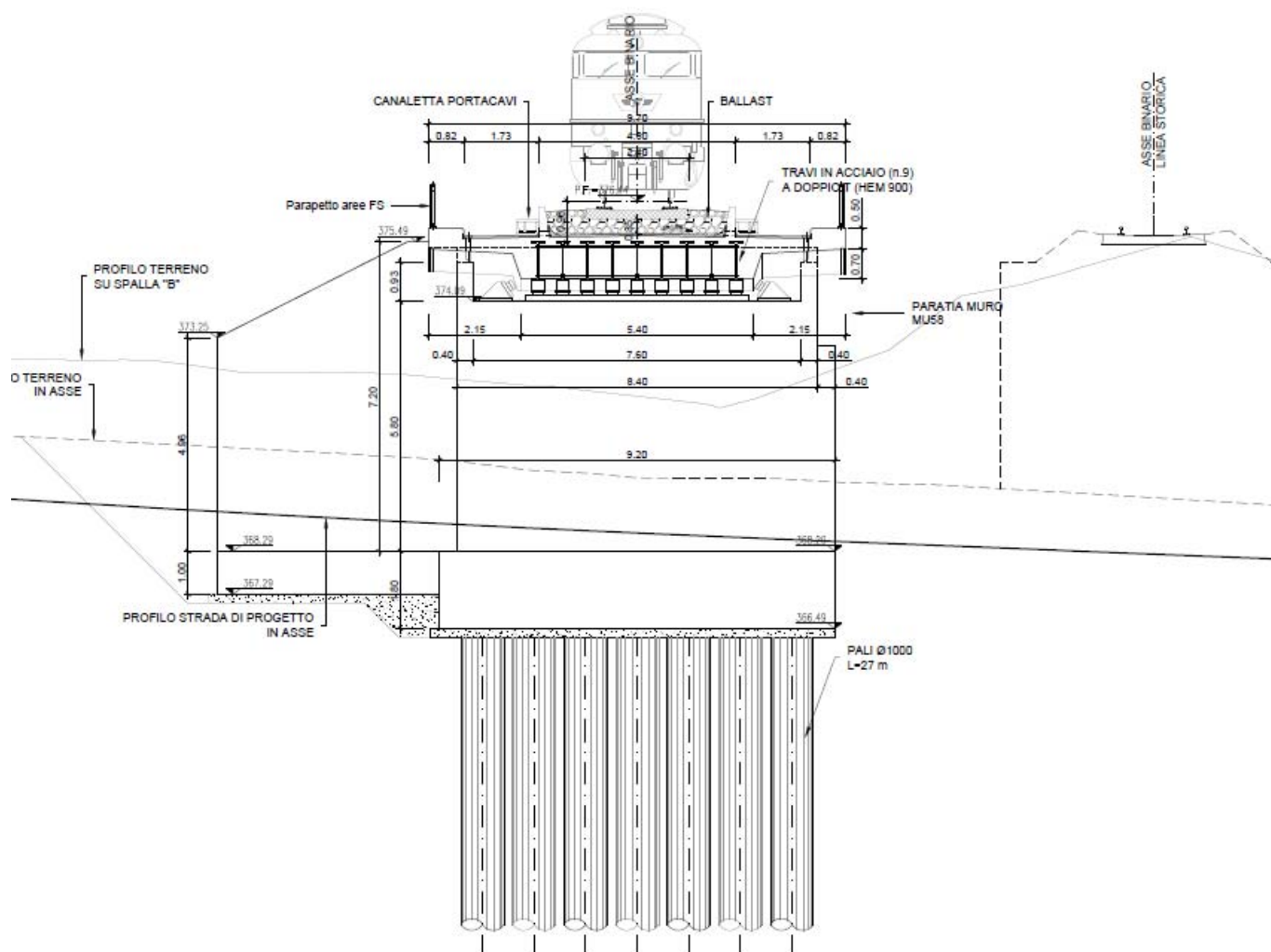


Figura 2 – Sezioni longitudinale e trasversale.

VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	7 di 102

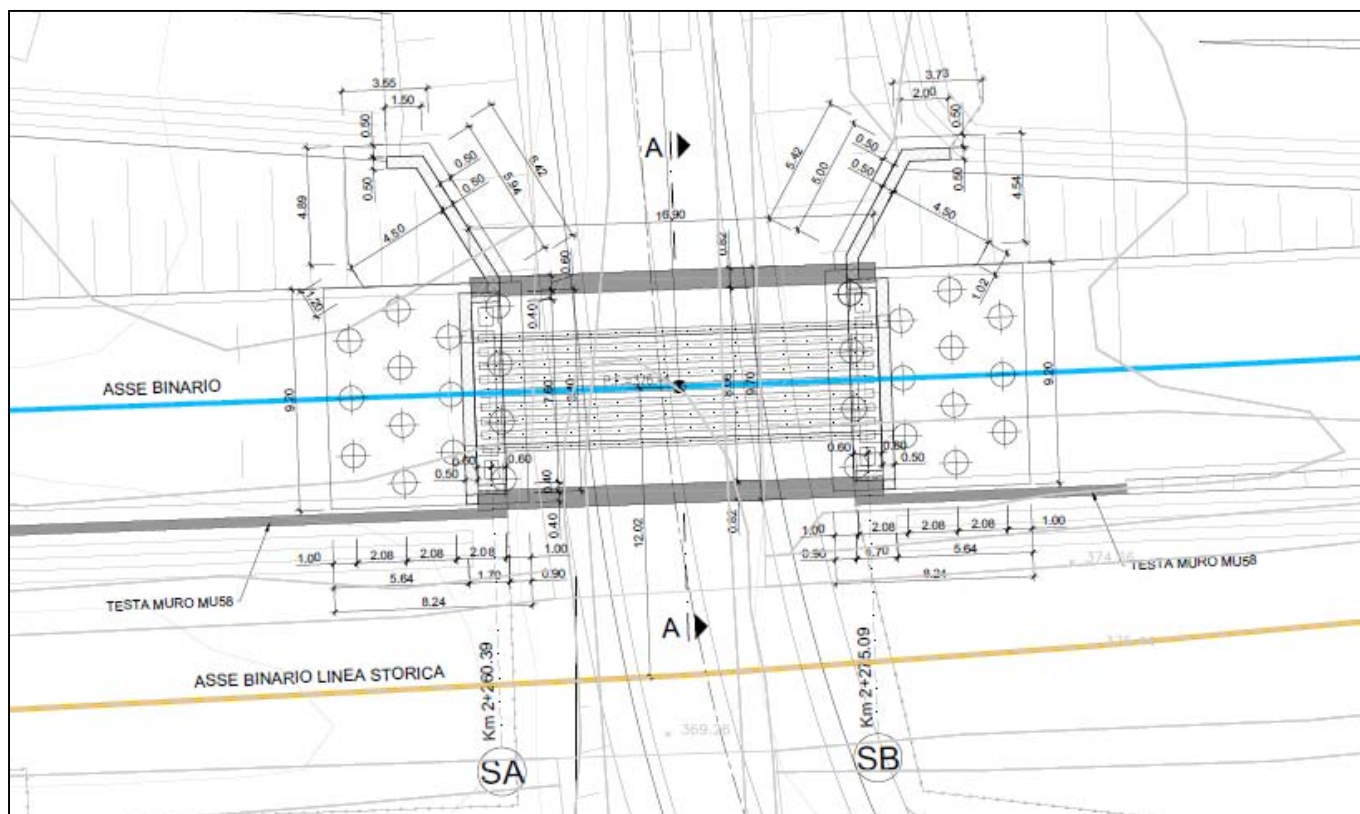


Figura 3 – Planimetria.

Al fine di gestire l'affiancamento tra la linea storica in esercizio e la realizzazione delle spalle del viadotto VI53 in sinistra alla linea si prolunga la paratia MU58, per dettagli sull'opera si rimanda all'elaborato grafico "R154: Paratia di sostegno in dx MU58" (RS3U.4.0.D.29.P9.MU.58.0.0.001), per il dimensionamento della paratia al fine di tenere conto dello scavo associato alla rilassazione della spalla si rimanda all'elaborato di progetto "R154: Paratia di sostegno in dx MU58: RELAZIONE DI CALCOLO" (RS3U.4.0.D.29.CL.MU.58.0.0.001).

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 8 di 102

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

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

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

Rif. [3] Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2;

Rif. [4] RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili;

Rif. [5] RFI DTC SI SP IFS 001 C del 21-12-18 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.

Altri documenti di riferimento:

- *Head embedment in Broms pile lateral capacity theory for cohesionless soils*, Pasquale de Simone, Computers and Geotechnics 43 (2012)
- *Fondazioni*, Carlo Viggiani, Hevelius Edizioni 1999, ristampa 2014

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	9 di 102

3. MATERIALI

3.1 Calcestruzzo impalcato

Classe di resistenza	C32/40 $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione ambientale	XC4
Copriferro nominale minimo	50 mm

Resistenza di calcolo del calcestruzzo per la verifica agli SLU ($\gamma_c = 1.5$):

Resistenza di calcolo a rottura per compressione:

$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$	33.2 N/mm^2
$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41.2 N/mm^2
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	22.1 N/mm^2

Resistenza di calcolo a rottura per trazione:

$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}$	3.09 N/mm^2
$f_{ctk,5\%} = 0.70 \cdot f_{ctm}$	2.17 N/mm^2
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	1.44 N/mm^2
$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm}$	3.71 N/mm^2
$f_{cfk,5\%} = 0.70 \cdot f_{cfm}$	2.59 N/mm^2
$E_{cm} = 22.000 [f_{cm}/10]^{0.3}$	336429 N/mm^2

3.2 Calcestruzzo spalle

Classe di resistenza	C30/37 $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione ambientale	XC3
Copriferro nominale minimo	40 mm

Resistenza di calcolo del calcestruzzo per la verifica agli SLU ($\gamma_c = 1.5$):

Resistenza di calcolo a rottura per compressione:

$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$	30.7 N/mm^2
$f_{cm} = f_{ck} + 8$	38.7 N/mm^2
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	17.4 N/mm^2

Resistenza di calcolo a rottura per trazione:

$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}$	2.94 N/mm^2
$f_{ctk,5\%} = 0.70 \cdot f_{ctm}$	2.05 N/mm^2

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 10 di 102

$f_{ctd} = f_{ctk}/\gamma_c$	1.37 N/mm ²
$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm}$	3.53 N/mm ²
$f_{cfk,5\%} = 0.70 \cdot f_{cfm}$	2.47 N/mm ²
$E_{cm} = 22.000 [f_{cm}/10]^{0.3}$	33019.4 N/mm ²

3.3 Calcestruzzo pali

Classe di resistenza	C25/30 $R_{ck} \geq 30$ N/mm ²
Classe di esposizione ambientale	XC2
Copriferro nominale minimo	60 mm

Resistenza di calcolo del calcestruzzo per la verifica agli SLU ($\gamma_c = 1.5$):

Resistenza di calcolo a rottura per compressione:

$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$	24.9 N/mm ²
$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32.9 N/mm ²
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck}/\gamma_c$	14.11 N/mm ²

Resistenza di calcolo a rottura per trazione:

$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}$	2.56 N/mm ²
$f_{ctk,5\%} = 0.70 \cdot f_{ctm}$	1.79 N/mm ²
$f_{ctd} = f_{ctk}/\gamma_c$	1.19 N/mm ²
$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm}$	3.07 N/mm ²
$f_{cfk,5\%} = 0.70 \cdot f_{cfm}$	2.14 N/mm ²
$E_{cm} = 22.000 [f_{cm}/10]^{0.3}$	31447 N/mm ²

3.4 Acciaio d'armatura

L'acciaio utilizzato è ad aderenza migliorata tipo B450C ed è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni di snervamento e rottura:

$f_{y, nom}$	450 N/mm ²
$f_{t, nom}$	540 N/mm ²

Resistenza di calcolo dell'acciaio per la verifica agli SLU ($\gamma_s = 1.15$):

Resistenza di calcolo a rottura per trazione e deformazione corrispondente:

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 11 di 102

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$$

$$391.3 \text{ N/mm}^2$$

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd}/E_s$$

$$0.186\%$$

3.5 Acciaio di carpenteria

L'acciaio dei profili laminati secondo UNI EN 10025 dovrà essere del tipo S355 J0.

$$f_{y,k} \quad 355 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,k} \quad 510 \text{ N/mm}^2$$

Le travi da inglobare nel calcestruzzo, prima della messa in opera, dovranno essere sabbiare a metallo quasi bianco (grado SA 2.5). La parte inferiore delle travi (tutta la piattabanda inferiore e circa 100 mm di anima a partire dal giunto a T inferiore anima-piattabanda) dovrà essere verniciata.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	12 di 102

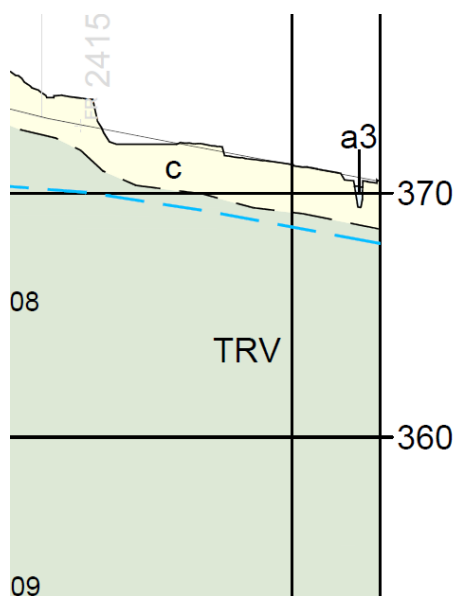
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

In accordo con quanto riportato nella relazione geotecnica, alla quale si rimanda per qualsiasi approfondimento, nel tratto in esame la stratigrafia è costituita da:

- coltre: argille limose e sabbiose localmente sabbie limose (c);
- formazione di Terravecchia: argille limose e argille marnose (TRV).

In particolare in corrispondenza della soletta inferiore è presente l'unità geotecnica TRV. Per tale unità, sono stati considerati i seguenti parametri:

Litologia	Distanza da p.c.	Potenza Strato	γ	c'	c_u	ϕ'	E
[-]	[m]	[m]	[kN/mc]	[kPa]	[kPa]	[°]	[MPa]
TRV	2-40	38.00	21	24	200	19	150



La falda è posta a circa 0.80 m da piano campagna.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 13 di 102

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Le opere in progetto interessano un sito con le seguenti coordinate geografiche: lat = 37.537916 e long.= 14.082561

Il periodo di riferimento è $V_R = 75$ anni (cfr. tab. C2.4.I della Circolare 7/19).

Con riferimento alla probabilità di superamento dell'azione sismica, P_{VR} , attribuita allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), nel periodo V_R dell'opera in progetto, si determina il periodo di ritorno T_R del sisma di progetto:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale è stato valutato con approccio semplificato (cfr. § 3.2.2 del DM 17/01/2018) basato sulla classificazione del sottosuolo sulla base dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, poiché le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.3.II del DM 17/01/2018.

La categoria di suolo di riferimento è la categoria di suolo C.

Pertanto, tenendo conto dei fattori locali del sito, l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito è valutata con la relazione (cfr. cap. 7 DM 17/01/2018):

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)$$

dove:

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido;

S_s è il fattore di amplificazione stratigrafica del terreno, funzione della categoria del sottosuolo di fondazione e dei parametri sismici F_0 e a_g/g (Tabella 3.2.IV del D.M. 17/01/2018);

S_T è il fattore di amplificazione che tiene conto delle condizioni topografiche, il cui valore dipende dalla categoria topografica e dall'ubicazione dell'opera (Tabella 3.2.V del D.M. 17/01/2018).

I valori delle grandezze necessarie per la definizione dell'azione sismica per le opere sono riportati nella seguente tabella:

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	14 di 102

	Km 2+343 – Km 2+487	
	Strutture di sostegno	
Coord. geografiche	Latitudine: 37.537916	Longitudine: 14.082561
T_R	1068 (SLV)	
a_g/g	0.099	
F_0	2.647	
Categoria sottosuolo	C	
S_s	1.20	
Categoria topografica	1	
S_T	1.00	
a_{max}/g	0.119	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	15 di 102

6. IMPALCATO

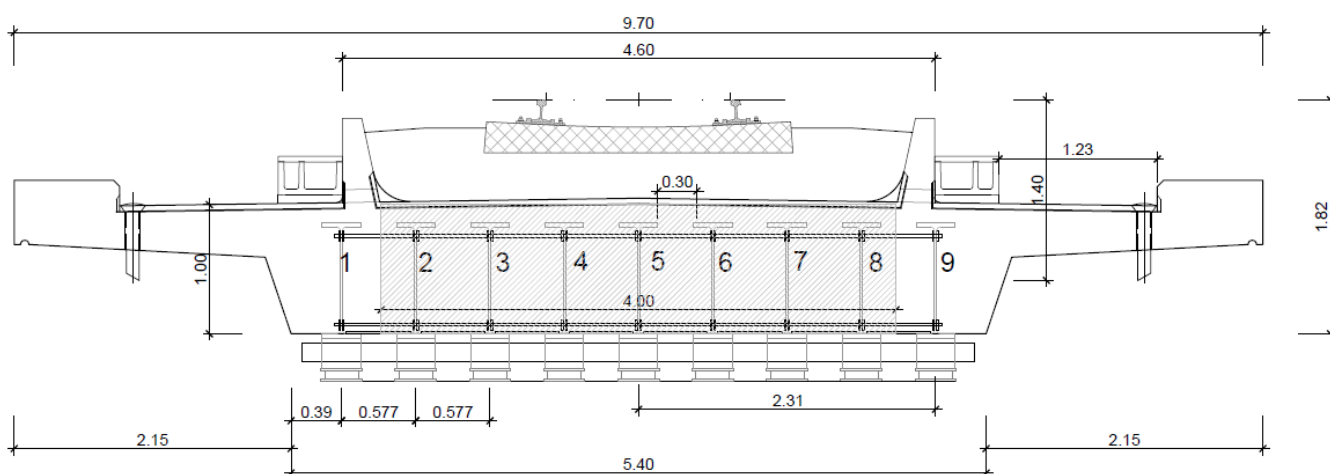
L'impalcato è realizzato con 9 travi in acciaio HEB900 ad interasse 57.7 cm inglobate nel getto di calcestruzzo di spessore totale pari a 1.00 m. Allo scopo di mantenere stabili le travi durante le fasi costruttive, le stesse sono collegate in senso trasversale da tiranti in acciaio passanti attraverso l'anima.

Al fine di fornire all'impalcato una maggiore rigidezza nei riguardi dei momenti flettenti trasversali e di quelli torsionali, su tutta la larghezza dell'impalcato è disposta inferiormente un'armatura trasversale.

La luce dell'impalcato è pari a 15.7 m per cui gli appoggi sono del tipo a disco elastomerico confinato.

Nelle successive verifiche di resistenza il calcestruzzo è considerato non collaborante e, pertanto, la resistenza è affidata alle sole travi di acciaio contenute all'interno della zona di ripartizione del carico pari a 4 m.

Il calcestruzzo è considerato interamente collaborante ai fini della determinazione dell'inerzia flessionale dell'impalcato con coefficiente di omogeneizzazione pari a $n = 6$ e della ripartizione trasversale dei sovraccarichi mobili.



6.1 Analisi dei carichi

I carichi sono amplificati considerando i seguenti coefficienti parziali delle azioni:

Coefficienti parziali delle azioni	γ_{G1}	1.35
	γ_{G2}	1.5
	γ_{Q_ferr}	1.45
	γ_{Q_altri}	1.5

6.1.1 Carichi permanenti

- Peso delle travi in acciaio 35.4 kN/m
- Peso del cls in opera 281.3 kN/m

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	16 di 102

- Peso del ballast, armamento, ecc. 9.9 kN/m

p_1 326.5 kN/m

6.1.2 Carichi accidentali ferroviari

Per la valutazione dei carichi verticali sono stati considerati il treno di carico LM71, rappresentativo del traffico normale, e il treno di carico SW/2 rappresentativo del traffico pesante.

Il treno di carico LM71, schematizzato in Figura 4, è costituito da 4 assi da 250 kN disposti ad interasse di 1.6 m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per un'estensione illimitata, a partire da 0.8 m dagli assi di estremità.

Longitudinalmente i carichi assiali del modello di carico LM71 sono stati distribuiti uniformemente su 6.4 m.

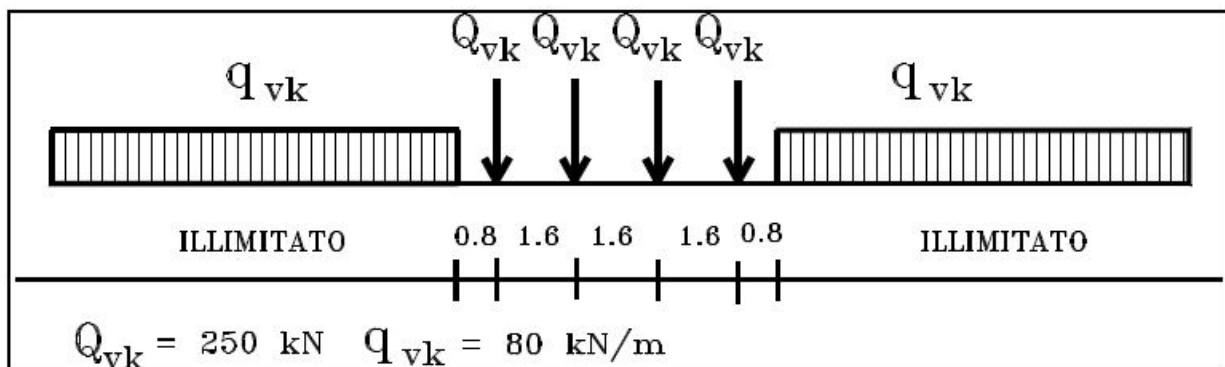
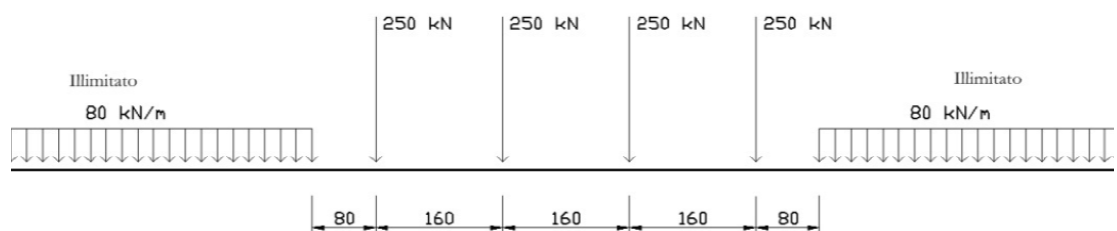


Figura 4 – Treno di carico LM71

Di seguito il calcolo del carico equivalente

Luce (m)		15.7	
Q (kN)	4	250.00	Distanza longitudinale 1.6 m
q (kN/m)		80.00	



$Q_{vk} = 250 \text{ kN}$ $q_{vk} = 80 \text{ kN/m}$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	17 di 102

Asse ferroviario parallelo all'asse dell'impalcato

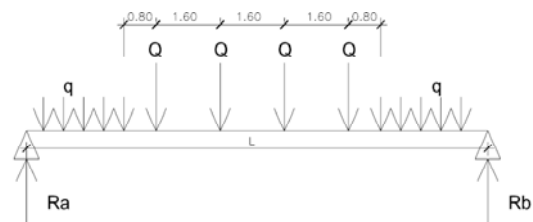
Massimizzo il momento flettente in campata

Impronta carichi
concentrati

6.40 m

R_A 872.00 kN
 M 3989.90 kNm
 q_{eq} **129.49** kN/m

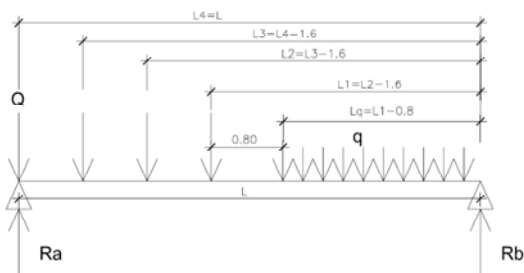
$(L - 1.6 \cdot 4) / 2 = 4.65$ m



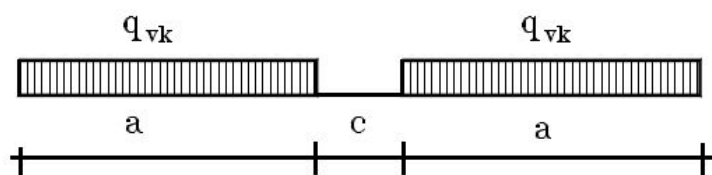
Massimizzo il taglio in appoggio

R_A 1107.03 kN
 T 1107.03 kN
 q_{eq} **141.02** kN/m

L_4 15.70 m
 L_3 14.10 m
 L_2 12.50 m
 L_1 10.90 m
 L_q 10.10 m



Il treno di carico SW/2 invece è costituito da due carichi distribuiti di 150 kN/m aventi un'estensione di 25 m posti ad una distanza, c, di 7.0 m (Figura 5).



tipo di carico	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/2	150	25.0	7.0

Figura 5 – Treno di carico SW/2.

Il carico distribuito è su una luce maggiore di quella di calcolo quindi si considera un carico equivalente pari a Q_{vk} uniformemente distribuito

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 18 di 102

I valori caratteristici dei carichi sono stati moltiplicati per il coefficiente di adattamento α , il cui valore è riportato nella Figura 6.

modello di carico	coefficiente di adattamento α
LM71	1.1
SW/2	1.0

Figura 6 – Coefficiente di adattamento α

Effetti dinamici

L'applicazione statica dei treni di carico sono incrementate per tenere conto della natura dinamica del transito dei convogli tramite il fattore:

$$\Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} + 0.73 \quad 1.00 \leq \Phi_3 \leq 2.00$$

Si assume:

$$L_\phi = 15.7 \text{ m} \Rightarrow \phi_3 = 1.30$$

Azione laterale (serpeggio)

L'azione del serpeggio è assunta mediante un carico concentrato, pari a 100 kN applicato alla sommità della rotaia più alta; il suddetto carico non deve essere moltiplicato per il coefficiente dinamico Φ_3 e di adattamento α .

Azioni longitudinali di avviamento e frenatura

Le azioni di frenatura e di avviamento sono applicate alla sommità del binario e quindi a 1.4 m dal baricentro delle travi. I valori presi in considerazione, considerando la luce L sono i seguenti:

avviamento (tutti):	$Q_{la}=33 \cdot L$
frenatura LM71, SW/0	$Q_{lf}=20 \cdot L$
frenatura SW/2	$Q_{lf}=35 \cdot L$

6.1.3 Vento

Il vento è assunto pari a un carico uniformemente distribuito di 1.5 kN/mq applicato sulla superficie del treno (h=4.0 m) e sulla superficie laterale del manufatto.

Di seguito si riassumo i carichi applicati all'impalcato:

▪ Treno LM71	equiv. fl.	p_2	206.5 kN/m
Treno LM71	equiv. tg.	p_2	224.9 kN/m

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	20 di 102

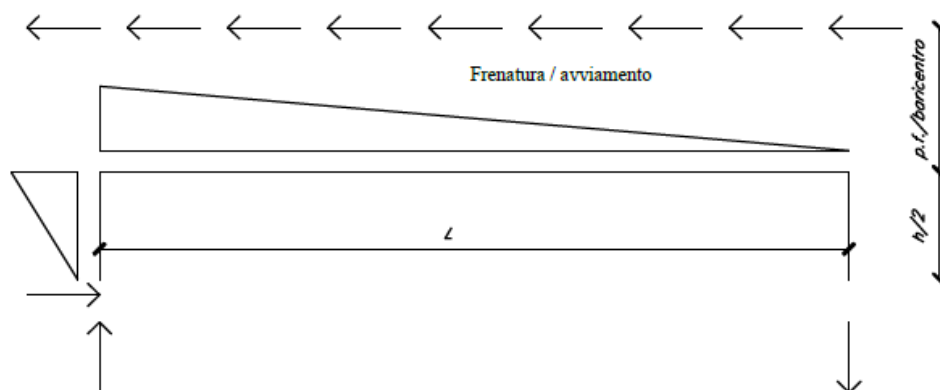
SW2 M_4 179.3 kNm

Taglio all'appoggio

▪ Permanenti		T_1	1831.0 kN
▪ Accidentali	LM71	T_2	1765.7 kN
	SW2	T_2	1707.4 kN
▪ Incremento dinamico	LM71	T_3	537.0 kN
	SW2	T_3	519.2 kN
▪ Frenatura/Avviamento	LM71	T_4	97.4 kN
	SW2	T_4	93.9 kN

Coppie torcenti a metro lineare di impalcato

▪ Eccentricità di carico LM71	mt_6	16.5 kNm	eff. flettenti
(Si assume pari ad 8 cm)	mt_6	18.0 kNm	eff. taglianti
▪ Vento	mt_8	44.5 kNm	
▪ Serpeggio	mt_9	223.3 kNm	



	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 21 di 102

6.2.2 Calcolo delle sollecitazioni sulla trave di bordo della fascia

Momento flettente in mezzzeria

n. travi fascia

7

▪ Permanenti		M ₁	1026.7 kNm
▪ Accidentali	LM71	M ₂	909.1 kNm
	SW2	M ₂	957.3 kNm
▪ Incremento dinamico	LM71	M ₃	276.5 kNm
	SW2	M ₃	291.1 kNm
▪ Frenatura/Avviamento	LM71	M ₄	26.6 kNm

L'incremento di carico verticale prodotto sulla trave di bordo dalle coppie torcenti si valuta, in prima approssimazione, considerando la flessione su una striscia unitaria trasversale di impalcato avente sezione b*h pari a 100 cm*400 cm ed il cui momento d'inerzia J' vale $1 \cdot 4^3 / 12 = 5.33 \text{ m}^4$:

interasse tra le travi	i	0.58 m
asse trave di bordo - asse imp	d	1.73 m
larghezza sez. trasversale	b	4.00 m
profondità sez. trasversale	h	1.00 m
	J'	5.33 m ³
	Δ _p	0.187 *mt

▪ Eccentricità di carico LM71	M ₆	95.3 kNm
▪ Vento	M ₈	256.9 kNm
▪ Serpeggio	M ₉	164.1 kNm

Taglio in appoggio

▪ Permanenti		T ₁	261.6 kN
▪ Accidentali	LM71	T ₂	252.2 kN
	SW2	T ₂	243.9 kN
▪ Incremento dinamico	LM71	T ₃	76.7 kN
	SW2	T ₃	74.2 kN
▪ Frenatura/Avviamento	LM71	T ₄	13.9 kN
	SW2	T ₄	13.4 kN

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	22 di 102

- Eccentricità di carico LM71 T_6 26.5 kN
- Vento T_8 65.5 kN
- Serpeggio T_9 41.8 kN

Sforzo normale

- Frenatura/Avviamento LM71 N 118.1 kNm
- SW2 N 113.8 kNm

RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI

Modello di carico: Treno LM71			
Azione	M [KN m]	T [KN]	N [KN]
Permanenti	1026.7	261.6	0
Accidentali dinamizzati	1185.6	329.0	0
Frenatura/Avviamento	26.6	13.9	118.1
Eccentricità del carico	95.3	26.5	0
Vento	256.9	65.5	0
Serpeggio	164.1	41.8	0

Modello di carico: Treno SW2			
Azione	M [KN m]	T [KN]	N [KN]
Permanenti	1026.7	261.6	0
Accidentali dinamizzati	1248.5	318.1	0
Frenatura/Avviamento	25.6	13.4	113.8
Eccentricità del carico	0.0	0.0	0
Vento	256.9	65.5	0
Serpeggio	164.1	41.8	0

LM71		SW2	
M_{TOT}	2639.2 kNm	M_{TOT}	2606.2 kNm
T_{TOT}	705.0 kN	T_{TOT}	667.5 kN
N_{TOT}	59.0 kN	N_{TOT}	56.9 kN

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 23 di 102

6.3 Verifiche di resistenza

Le verifiche sono condotte agli stati limite ultimi, facendo riferimento alla combinazione fondamentale illustrata al §2.5.1.8.3 del Rif. [4].

La combinazione fondamentale adottata per gli SLU è:

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

Dove:

Q_{k1} è il valore caratteristico delle azioni legate al transito dei treni e per calcolarlo occorre fare riferimento ad uno dei gruppi di azioni indicati in 2.5.1.8.2.3 del Rif. [4]. Si assume per le verifiche il gruppo 1 dove i coefficienti di simultaneità delle azioni valgono:

- 1 per i carichi verticali;
- 0,5 per frenatura e avviamento;
- 1 per centrifuga;
- 1 per azione laterale

Altezza della sezione trasversale	h	900.00	[mm]
Larghezza della sezione trasversale	b	300.00	[mm]
Spessore dell'anima	t _w	18.50	[mm]
Spessore delle ali	t _r	35.00	[mm]
Raggio di raccordo	r	30.00	[mm]
Eventuale spessore della saldatura delle ali con l'anima	s	0.00	[mm]

CARATTERISTICHE MECCANICHE		
Altezza tra le ali	h _i	830.00 [mm]
Altezza della porzione saldabile	d	770.00 [mm]
Area della sezione trasversale	A	371.3 [cm ²]
Area della sezione resistente al taglio agente lungo z	A _{vz}	188.75 [cm ²]
Area della sezione resistente al taglio agente lungo y	A _{vy}	210.00 [cm ²]
Momento d'inerzia attorno all'asse forte	I _{yy}	494065 [cm ⁴]
Momento d'inerzia attorno all'asse debole	I _{zz}	15816 [cm ⁴]
Raggio d'inerzia attorno all'asse forte	i _{yy}	36.48 [cm]
Raggio d'inerzia attorno all'asse debole	i _{zz}	6.53 [cm]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse forte	W _{el,yy}	10979.2 [cm ³]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse debole	W _{el,zz}	1054.4 [cm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	W _{pl,yy}	12584.1 [cm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse debole	W _{pl,zz}	1658.3 [cm ³]
Momento d'inerzia torsionale	I _t	1137.5 [cm ⁴]
Costante di warping	I _w	29461359 [cm ⁶]

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 24 di 102

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f_y	355 [MPa]
Coefficiente ε	ε	0.81 [-]
Classificazione dell'anima		
Altezza dell'anima depurata dei raccordi o delle saldature	c	770.00 [mm]
Spessore dell'anima	t_w	18.50 [mm]
Rapporto tra altezza e spessore	c/t_w	41.62 [-]
Classificazione dell'anima per flessione		CLASSE 1
Classificazione dell'anima per compressione		CLASSE 4
Classificazione delle ali		
Semi larghezza delle ali depurata dei raccordi o delle saldature	c	110.75 [mm]
Spessore delle ali	t_f	35.00 [mm]
Rapporto tra semi larghezza e spessore	c/t_f	3.16 [-]
Classificazione delle ali per flessione		CLASSE 1

PRESSO-FLESSIONE RETTA

[4.2.4.1.2]

Modulo plastico	W_{pl}	12584100.5 mm ³
	$M_{pl,y,Rd}$	4254.6 KNm
	$N_{pl,Rd}$	12552.7 KN
	N_{Ed}	59 KN
	n	0.005
	a	0.43 < 0.5
Larghezza ali	b	300 mm
Spessore delle ali	t_f	35 mm
	a	0.43 < 0.5
a deve essere ≤ 0.5	a	0.43
	$M_{N,y,Rd}$	5409.53 KNm
$M_{N,y,Rd}$ deve essere $\leq M_{pl,y,Rd}$	$M_{N,y,Rd}$	4254.62 KNm
	M_{Ed}	2639.20 KNm
VERIFICA	$M_{Ed}/M_{pl,y,Rd} \leq 1$	0.62 VERIFICATA

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	25 di 102

TAGLIO

Geometria della sezione

Lunghezza asta	L	15700 mm
Larghezza ali	b	300 mm
Spessore ali	t _f	35 mm
Spessore anima	t _w	18.5 mm
Raggio di raccordo anima-ala	r	15 mm
Area della sezione	A	37127.57 mm ²
Area resistente a taglio	A _v	17825 mm ²

	γ_{M0}	1.05
Resistenza di calcolo a taglio	V _{c,Rd}	3479442 N
Taglio di calcolo	V _{Ed}	705000 N

VERIFICA 0.20 VERIFICATA

FLESSIONE e TAGLIO

Taglio di calcolo	V _{Ed}	705000 N
Resistenza di calcolo a taglio	V _{c,Rd}	3479442 N
Se $V_{Ed} \leq 0,5 V_{c,Rd}$		
influenza del taglio sulla resistenza a flessione.		TRASCURABILE

Altrimenti:

	ρ	0.35
Resistenza a flessione ridotta	(1- ρ)f _{yk}	229.42 N/mm ²
Resistenza convenzionale di calcolo a flessione retta	M _{y,V,Rd}	3741.10 KNm
	M _{y,c,Rd}	4254.62 KNm
VERIFICA	M _{y,V,Rd} /M _{pl,y,Rd} ≤ 1	0.88 VERIFICATA

6.4 Calcolo della prima frequenza

Questa verifica è eseguita per controllare l'affidabilità del coefficiente di incremento dinamico Φ_3 assunto nei calcoli. Essa consiste nell'accertare che la frequenza propria n_0 sia contenuta all'interno del fuso

Il limite inferiore del fuso è pari a $80/L=4\text{Hz}$. 5.10 Hz

carico permanente p 326.5 kN/m

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	26 di 102

freccia δ_0 1.030 cm
 n_0 5.53 Hz
 n_{min} 5.10 Hz Verifica soddisfatta

6.5 Verifiche di deformabilità

Le verifiche di deformabilità si effettuano considerando reagente una striscia di impalcato di 5,4 m portando in conto anche il calcestruzzo. Il momento d'inerzia J è calcolato considerando le travi in acciaio e la sezione in calcestruzzo opportunamente omogeneizzata.

▪ Freccia

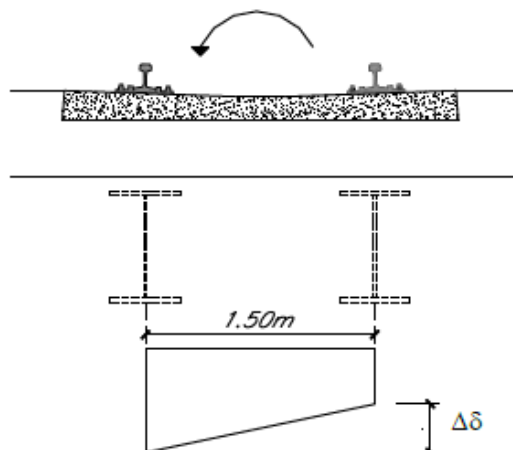
carico accidentale	LM71* Φ_3	p	269.4 kN/m	
coeff. omogenizzazione	n		6	
dimensioni sez. cls	B		5.4 m	
	H		1 m	
Momento inerzia tot	$J_a + J_{cls}/n$	J	0.119 m ⁴	
modulo di elasticità	E		210,000,000 kN/m ²	
freccia	δ		0.849 cm	
freccia limite L/1000	δ_{max}		1.57 cm	verifica soddisfatta

▪ Rotazione degli appoggi

Rotazione degli appoggi	Θ		0.002	
distanza piano di regolamento	H		0.8 m	
Valore limite	8/H		0.100	verifica soddisfatta

▪ Sghembo

La verifica si effettua ipotizzando la presenza di un profilo metallico in corrispondenza di ciascuna rotaia e calcolando la differenza di abbassamento tra i due profili in corrispondenza della sezione posta a 3.00 m dall'appoggio considerando una distribuzione trasversale degli abbassamenti di tipo lineare.



	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	27 di 102

L'incremento e decremento di carico prodotti sulle due trave considerate da tali effetti si valuta ipotizzando la flessione su una striscia unitaria trasversale di impalcato avente sezione $b \cdot h$ pari a 100 cm*400 cm e momento d'inerzia $J' = 5.33 \text{ m}^4$:

Eccentricità del carico LM71		14.9 kNm/m
Azione laterale		9.8 kNm/m
	tot	24.7 kNm/m

	Δ_p	4.626 kNm	
Momento inerzia	J_{tot}/n	0.013 m ⁴	
distanza sezione	s	3 m	
sghembo	t	0.75 mm	
sghembo limite	t _{lim}	3.00 mm	verifica soddisfatta

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	28 di 102

6.6 Verifica degli sbalzi

6.6.1 Verifica con schema di carico 4 (10 kN)

Per la verifica degli sbalzi dell'impalcato si considera un carico di 10 kN su un'impronta di 0,1x0,1 m, oltre al peso proprio dell'elemento strutturale.

Il modello per il calcolo delle sollecitazioni è una trave a sbalzo incastrata ad una estremità. La trave, a sezione rettangolare, ha una profondità pari a 1 m e uno spessore costante pari a 0.36 m. La lunghezza dello sbalzo è pari a 2.05 m.

Peso proprio: $25 \cdot 0.36 \cdot 1 = 9 \text{ kN/m}$

Carico accidentale: 10 kN

Amplificazione dei carichi:

Peso proprio: $9 \cdot 1.35 = 12.2 \text{ kN/m}$

Carico accidentale: $10 \cdot 1.5 = 15 \text{ kN/m}$

Distribuendo in modo omogeneo il peso proprio lungo tutta la trave e ponendo il carico accidentale in corrispondenza dell'estremo libero, si ottengono le seguenti sollecitazioni in corrispondenza della sezione di incastro:

$$M = 56 \text{ kNm}$$

$$T = 40 \text{ kN}$$

Di seguito si riporta la verifica della sezione per le sollecitazioni sopra indicate.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	29 di 102

6.6.1.1 Verifica a flessione

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: sbalzo - Copia

(Percorso File: C:\Commesse\C03\L4_VI53\rc\seclsbalzo - Copia.sez)

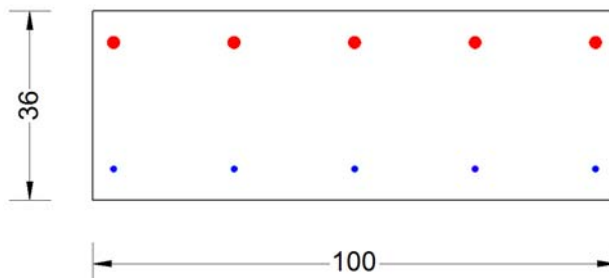
Descrizione Sezione:	Calcolo palificata - pressoflessione
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.33	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	333458	daN/cm ²
ACCIAIO -	Resis. media a trazione fctm:	30.24	daN/cm ²
	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	36.0	cm
Barre inferiori:	5Ø12	(5.7 cm ²)
Barre superiori:	5Ø24	(22.6 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.0	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm



CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 30 di 102

MT	Momento torcente [daN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	-5600	0	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	2.8	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	20.6	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata									
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)									
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico									
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)									
Mx rd	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico									
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx)									
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000									
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.									
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: deve essere < 0.45									
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]									
As Tesa	Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)									
N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0	-5600	-28	-24909	4.448	6.1	0.20	0.70	22.6 (5.2)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione					
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)					
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)					
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)					
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)					
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)					
N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	0.00007	6.0	-0.01363	30.0

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	31 di 102

6.6.1.2 Verifica a taglio

VERIFICA A TAGLIO			
Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio			
È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio V_{Rd} di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.			
$V_{Rd} \geq V_{Ed}$ $V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$			
Sollecitazioni Agenti:	V_{Ed}	40 kN	
	N_{Ed}	0 kN	
Calcestruzzo	C32/40	R_{ck}	40 N/mm ²
		f_{ck}	33.2 N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo		f_{cd}	18.81 N/mm ²
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo		γ_c	1.5
Altezza sezione		h	360 mm
Copriferro		c	60 mm
Larghezza minima della sezione (in mm)		b_w	1000 mm
Altezza utile della sezione (in mm)		d	300 mm
Area Calcestruzzo		A_c	360000 mm ²
Armatura longitudinale tesa	n	5	$\emptyset$ 24 mm
		A_{sl}	2260.8 mm ²
Rapporto geometrico di armatura longitudinale		ρ_1	0.0075 ≤ 0.02 ok
Tensione media di compressione nella sezione		σ_{cp}	0.0000 ≤ 0.2 f_{cd} ok
$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$		k	1.82 ≤ 2 ok
$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$		v_{min}	0.30
		V_{Rd}	191.26 kN
Verifica:	$V_{Rd} > V_{Ed}$		VERIFICATA

La verifica per elementi senza armature trasversali non resistenti a taglio è soddisfatta.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	32 di 102

6.6.2 Verifica con barriera antirumore e vento sulla barriera

Si esegue una ulteriore verifica sullo sbalzo considerando la presenza della barriera antirumore e del vento che agendo su di essa produce un momento flettente e una compressione sullo sbalzo. A tal fine si considera il modello di calcolo precedente con trave a sbalzo incastrata ad una estremità. La trave, a sezione rettangolare, ha una profondità pari a 1 m e uno spessore costante pari a 0.36 m. La lunghezza dello sbalzo è pari a 2.05 m.

Il peso della barriera è posto in corrispondenza dell'estremo libero, mentre quello accidentale mobile (schema di carico 4) è arretrato in corrispondenza del sentiero pedonale.

Si considerano i seguenti carichi:

Peso proprio: $25 \cdot 0.36 \cdot 1 = 9 \text{ kN/m}$

Peso barriera antirumore: $\text{Peso al metro quadrato} = 4 \text{ kN/mq}$

$\text{Altezza barriera} = 5.4 \text{ m}$

$\text{Peso al metro lineare} = 21.6 \text{ kN/m}$

Carico accidentale (schema 4): 10 kN

Carico accidentale (vento): $\text{Carico al metro quadrato} = 1.5 \text{ kN/mq}$

$\text{Altezza barriera} = 5.4 \text{ m}$

$\text{Carico al metro lineare} = 8.1 \text{ kN/m}$

I coefficienti parziali utilizzati sono:

γ_{G1} **1.35**

γ_{G2} **1.5**

$\gamma_{Q_{\text{folla}}}$ **1.5**

$\gamma_{Q_{\text{vento}}}$ **1.5*0.6**

Si nota che il carico accidentale del vento viene trattato come variabile secondario, in quanto è meno gravoso del carico variabile della folla. In questo senso si moltiplica per $\Psi=0.6$

Considerando i carichi e i coefficienti amplificativi, si ottengono i seguenti valori di sollecitazione all'incastro:

$$M = 115 \text{ kNm}$$

$$T = 72.4 \text{ kN}$$

$$N = 7.3 \text{ kN}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 33 di 102

6.6.2.1 Verifica a flessione

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: sbalzo

(Percorso File: C:\Commesse\C0JL4_VI53\rc\seclsbalzo.sez)

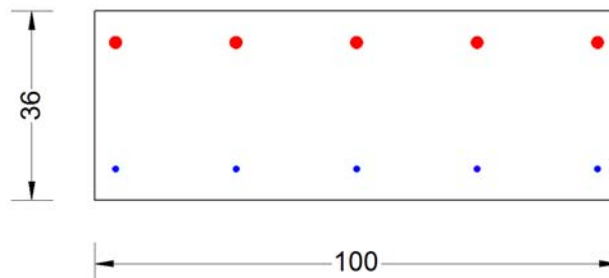
Descrizione Sezione:	Calcolo palificata - pressoflessione
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.33	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	333458	daN/cm ²
ACCIAIO -	Resis. media a trazione fctm:	30.24	daN/cm ²
	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	36.0	cm
Barre inferiori:	5Ø12	(5.7 cm ²)
Barre superiori:	5Ø24	(22.6 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.0	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm



CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 34 di 102

MT	Momento torcente [daN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	-11500	0	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	2.8	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	20.6	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0	-11500	-28	-24909	2.166	6.1	0.20	0.70	22.6 (5.2)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	0.00007	6.0	-0.01363	30.0

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	35 di 102

6.6.2.2 Verifica a taglio

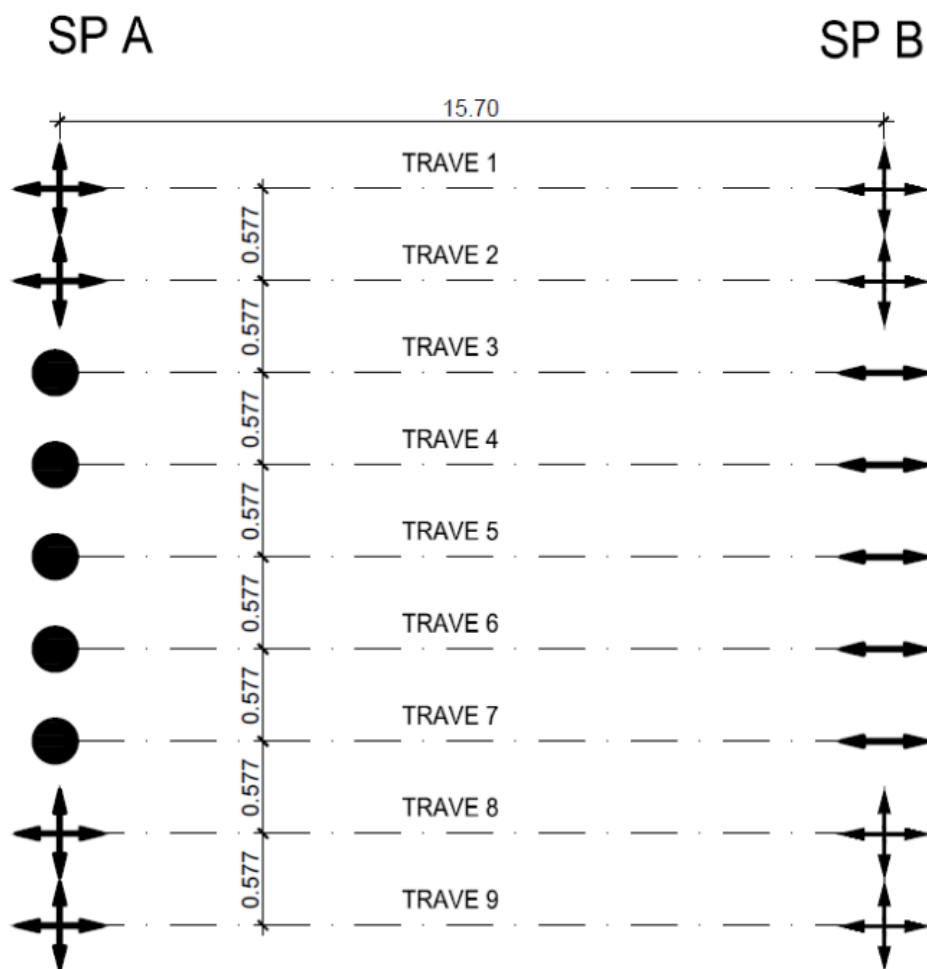
VERIFICA A TAGLIO			
Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio			
È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio V_{Rd} di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.			
$V_{Rd} \geq V_{Ed}$ $V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$			
Sollecitazioni Agenti:	V_{Ed}	72.4 kN	
	N_{Ed}	7.3 kN	
Calcestruzzo	C32/40	R_{ck}	40 N/mm ²
		f_{ck}	33.2 N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo		f_{cd}	18.81 N/mm ²
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo	γ_c	1.5	
Altezza sezione	h	360 mm	
Copriferro	c	60 mm	
Larghezza minima della sezione (in mm)	b_w	1000 mm	
Altezza utile della sezione (in mm)	d	300 mm	
Area Calcestruzzo	A_c	360000 mm ²	
Armatura longitudinale tesa	n	5	
	$\emptyset$	24 mm	
	A_{sl}	2260.8 mm ²	
Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_1	$0.0075 \leq 0.02$	ok
Tensione media di compressione nella sezione	σ_{cp}	$0.0203 \leq 0.2 f_{cd}$	ok
$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$	k	$1.82 \leq 2$	ok
$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$	v_{min}	0.30	
	V_{Rd}	192.18 kN	
Verifica:	$V_{Rd} > V_{Ed}$	VERIFICATA	

La verifica per elementi senza armature trasversali non resistenti a taglio è soddisfatta.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	36 di 102

7. DISPOSITIVI DI APPOGGIO

Di seguito lo schema con la disposizione degli apparecchi di appoggio e le tabelle delle scarichi calcolate secondo l'analisi dei carichi riportata al capitolo precedente.



Appoggi fissi								
Azioni (valori caratteristici) (kN)			maxN	minN	maxTl	minTl	maxTt	minTt
1.1	permanenti	peso proprio	22.8	22.8	0	0	0	0
1.2		permanenti	169.3	169.3	0	0	0	0
1.3		precompressione	-	-	-	-	-	-
1.4		ritiro e viscosità	-	-	-	-	-	-
2.1	variabili	treni di carico	239.1	226.9	0	0	0	0
2.2		veicoli speciali	-	-	-	-	-	-
2.3		forza centrifuga	-	-	-	-	-	-
2.4		avviamento e frenatura	9.6	0	114.0	69.08	0	0
2.5		serpeggio	19.2	9.6	0	0	11.0	0
2.7		vento su struttura	-	-	-	-	-	-

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	37 di 102

2.8		vento su struttura e treni di carico	29.1	14.5	0	0	13.7	0
2.9		temperatura	-	-	-	-	-	-
2.10		gradiente di temperatura verticale	-	-	-	-	-	-
2.11		gradiente orizzontale di temperatura	-	-	-	-	-	-
2.12		cedimenti delle sottostrutture	-	-	-	-	-	-
2.13		resistenze parassite dei vincoli	-	-	-	-	-	-
3.1	sismiche	prevenzione del collasso	12.91	0	93.0	0	46.5	0
3.2		stato limite di danno	-	-	-	-	-	-
4.1	accidentali	deragliamento	-	-	-	-	-	-
4.2		urto	-	-	-	-	-	-
4.3		rottura della catenaria	-	-	-	-	-	-

Appoggi multidirezionali								
Azioni (valori caratteristici) (kN)			maxN	minN	maxTl	minTl	maxTt	minTt
1.1	permanenti	peso proprio	22.8	22.8				
1.2		permanenti	169.3	169.3				
1.3		precompressione	-	-				
1.4		ritiro e viscosità	-	-				
2.1	variabili	treni di carico	245.1	0.0				
2.2		veicoli speciali	-	-				
2.3		forza centrifuga	-	-				
2.4		avviamento e frenatura	9.6	0.0				
2.5		serpeggio	28.8	0.0				
2.7		vento su struttura	-	-				
2.8		vento su struttura e treni di carico	43.6	0.0				
2.9		temperatura	-	-				
2.10		gradiente di temperatura verticale	-	-				
2.11		gradiente orizzontale di temperatura	-	-				
2.12		cedimenti delle sottostrutture	-	-				
2.13		resistenze parassite dei vincoli	-	-				
3.1	sismiche	prevenzione del collasso	12.91	0.00				
3.2		stato limite di danno	-	-				
4.1	accidentali	deragliamento	-	-				
4.2		urto	-	-				
4.3		rottura della catenaria	-	-				

Appoggi unidirezionali								
Azioni (valori caratteristici) (kN)			maxN	minN	maxTl	minTl	maxTt	minTt
1.1	permanenti	peso proprio	22.8	22.8			0	0
1.2		permanenti	169.3	169.3			0	0
1.3		precompressione	-	-			-	-
1.4		ritiro e viscosità	-	-			-	-
2.1	variabili	treni di carico	239.1	226.9			0	0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	38 di 102

2.2		veicoli speciali	-	-			-	-
2.3		forza centrifuga	-	-			-	-
2.4		avviamento e frenatura	9.6	0.0			0	0
2.5		serpeggio	19.2	9.6			11	0
2.7		vento su struttura	-	-			-	-
2.8		vento su struttura e treni di carico	29.1	14.5			13.7	0
2.9		temperatura	-	-			-	-
2.10		gradiente di temperatura verticale	-	-			-	-
2.11		gradiente orizzontale di temperatura	-	-			-	-
2.12		cedimenti delle sottostrutture	-	-			-	-
2.13		resistenze parassite dei vincoli	-	-			-	-
3.1	sismiche	prevenzione del collasso	12.9	0.0			46.5	0
3.2		stato limite di danno	-	-			-	-
4.1	accidentali	deragliamento	-	-			-	-
4.2		urto	-	-			-	-
4.3		rottura della catenaria	-	-			-	-

7.1 Scarichi agli appoggi (SLU)

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva con i valori degli scarichi massimi allo stato limite ultimo, in corrispondenza degli appoggi. In particolare si riporta:

- Vmax = Carico Verticale nominale massimo allo stato limite ultimo;
- Hmax = Carico Orizzontale nominale massimo allo stato limite ultimo.

Scarichi massimi agli appoggi (SLU)		
Tipo di appoggio	Vmax (kN)	Hmax (kN)
<i>Appoggi fissi</i>	703	303
<i>Appoggi multidirezionali</i>	737	-
<i>Appoggi unidirezionali</i>	703	105

Tabella 1: Scarichi agli appoggi (SLU)

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 39 di 102

8. SPALLE

8.1 Generalità

Le spalle presentano una configurazione a paramento di spessore 1.70 m. L'altezza della spalla (escluso paraghiaia) è pari a 6.19 m.

Entrambe le spalle hanno in testa un paraghiaia di spessore 0.5 m ed altezza di circa 1.44 m dalla testa muro frontale.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1.00 m collegate in testa da una platea di spessore 1.80 m.

Il calcolo è stato effettuato per la spalla con altezza di paramento maggiore e con appoggi fissi estendendo i risultati anche all'altra.

Per le verifiche dei singoli elementi della spalla (pali, platea di fondazione ed elevazioni) è stata effettuata un'analisi dei carichi agenti sul piano appoggi e allo spiccato della fondazione; l'analisi viene riportata nelle pagine seguenti.

8.1.1 Modelli a mensola per la verifica delle spalle

Le sollecitazioni di verifica della spalla sono state determinate a partire dai valori delle risultanti delle azioni trasmesse dagli impalcati alla quota degli apparecchi di appoggio alle quali vanno combinate le azioni determinate dalle spinte del terreno di riempimento e del sovraccarico in condizioni sia statiche che sismiche e le azioni date dalle forze di inerzia e dal peso proprio delle sottostrutture.

Tutti i muri sono considerati sconnessi fra loro per la valutazione delle sollecitazioni alla base e quindi le azioni provenienti dall'impalcato sono applicate solamente al muro frontale. Tale schema pur risultando cautelativo, non fornisce sovrastime eccessive nel calcolo dei quantitativi di armatura previsti.

Il modello della struttura è stato implementato in un foglio di calcolo appositamente realizzato per la valutazione delle azioni agenti sulle singole parti della struttura, quali muro paraghiaia e muro frontale che vengono tutti modellati come delle mensole incastrate alla base.

Per il plinto di fondazione, si è utilizzato un modello tirante-puntone per l'analisi e la verifica dello zoccolo anteriore al muro frontale.

Per quanto riguarda invece le sollecitazioni sui pali di fondazione a partire dalle azioni risultanti nel baricentro del plinto alla quota di intradosso, sono stati calcolati, per ciascuna combinazione di carico, gli sforzi assiali e di taglio in testa ai pali di fondazione utilizzando il classico modello a piastra rigida.

8.1.2 Condizioni elementari e combinazioni di carico

Le verifiche di sicurezza strutturali e geotecniche sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NTC18, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.1.3.12. Di seguito

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 40 di 102

sono mostrati i coefficienti parziali di sicurezza utilizzati allo SLU ed i coefficienti di combinazione adoperati per i carichi variabili nella progettazione delle strutture da ponte.

2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (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 (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

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

- 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 (v. § 3.2):

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

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):

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

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

VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	41 di 102

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F _{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T _k	0,60	0,60	0,50

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

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	42 di 102

	Azioni	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 ⁽³⁾	⁽¹⁾	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 ⁽³⁾	-	-
	Centrifuga	⁽²⁾ ⁽³⁾	⁽²⁾	⁽²⁾
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 ⁽³⁾	0,80	0,0

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

(2) Si usano gli stessi coefficienti Ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.

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

Gli scarichi agli appoggi, riportati nei paragrafi seguenti, fanno riferimento alla seguente terna di assi:

- asse X coincidente con l'asse longitudinale del ponte (L);
- asse Y coincidente con l'asse trasversale del ponte (T);
- asse Z coincidente con l'asse verticale del ponte;

Per quanto riguarda la risposta alle diverse componenti dell'azione sismica, poiché si è adottata un'analisi in campo lineare, essa può essere calcolata separatamente per ciascuna delle componenti. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc) sono combinate successivamente applicando l'espressione

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

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

Occorre precisare che con il segno negativo verranno indicate le azioni aventi direzione positiva delle Z (ovvero dirette verso l'alto).

8.1.3 Sistemi di riferimento ed unità di misura

- Asse X parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Y ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z verticale
- Lunghezze = m
- Forze = kN

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 43 di 102

8.1.4 Geometria della spalla

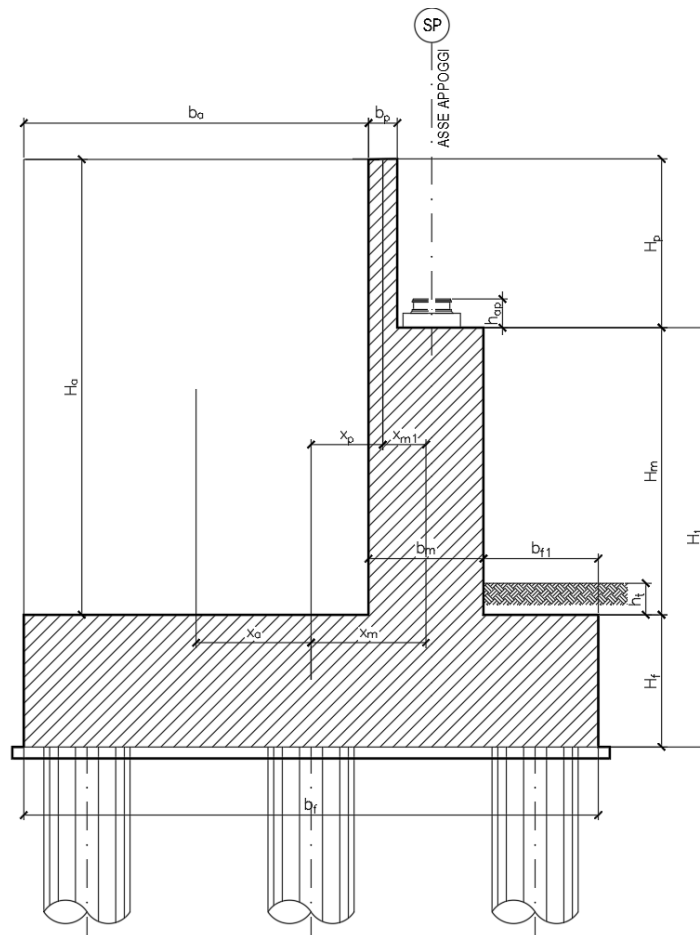


Figura 7 – Significato dei simboli: sezione tipologica

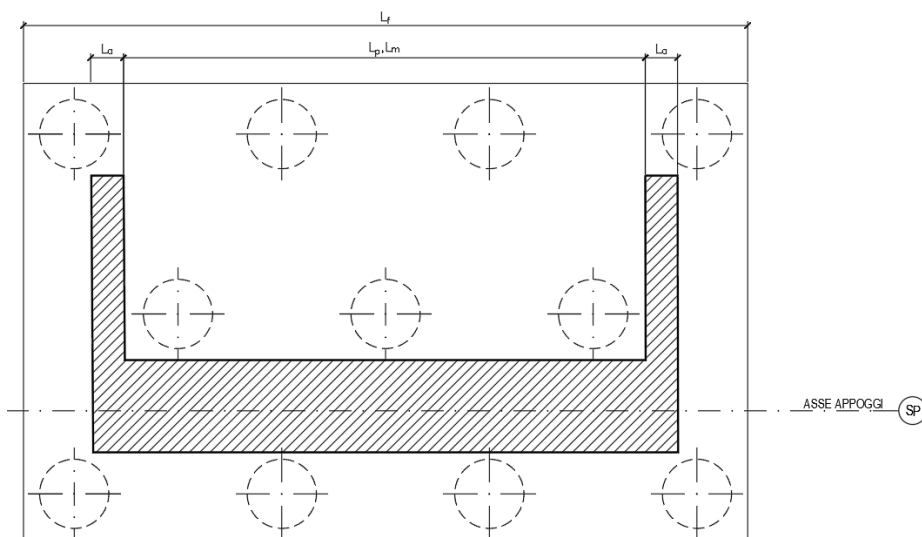


Figura 8 – Significato dei simboli: pianta tipologica

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	44 di 102

Terreno riempimento	γ	20 kN/m ³
	ϕ	35 °
	c'	0 kPa
	k_0	0.43
Dati sismici	k_h	0.119
	k_v	0.0595
	β_m	1
	a_{max}/g	0.119 s
	θ	6.4 °
	$\phi-\theta$	28.6 °
	β	0.0 °
	α	0.0 °
	δ	0.0 °
Muller-Breslau	k_a	0.27
Mononobe-Okabe	k_{ae}	0.34

Tabella 2 – Dati di input

8.2 Analisi dei carichi

8.2.1 Peso proprio elementi strutturali

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m³.

8.2.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

Si riportano di seguito gli scarichi dell'impalcato.

totale su spalla		N	T _L	T _T	M _L	M _T
		kN	kN	kN	kNm	kNm
▪ Permanenti		1729.5	0.0	0.0	0.0	0.0
▪ Accidentali	LM71	1217.7	0.0	0.0	97.4	0.0
	SW2	1177.5	0.0	0.0	94.2	0.0
▪ Incremento dinamico	LM71	370.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	SW2	358.1	0.0	0.0	0.0	0.0
▪ Frenatura/Avviamento	LM71	67.2	569.9	0.0	0.0	0.0
	SW2	64.8	549.5	0.0	0.0	0.0
▪ Vento		0.0	0.0	68.5	233.0	0.0
▪ Serpeggio		0.0	0.0	55.0	77.0	0.0
▪ Sisma		232.4	464.8	232.4	0.0	0.0

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 45 di 102

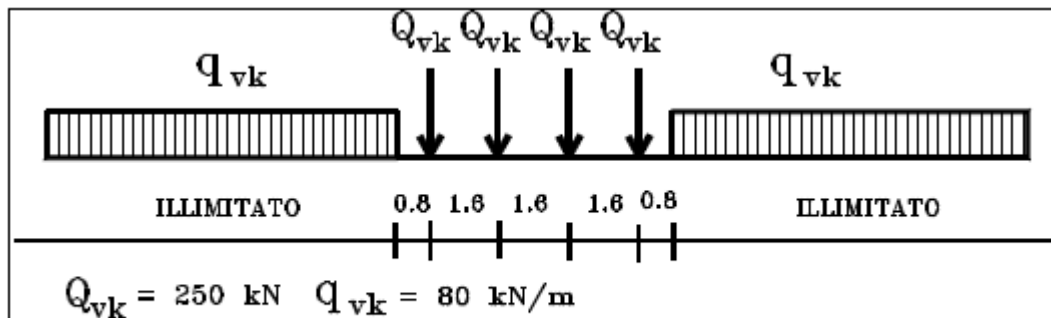
8.2.3 Carichi da traffico verticali

L'opera è stata progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico ferroviario, considerando i modelli LM71 e/o SW/2.

Si riportano di seguito le caratteristiche dei modelli di traffico presi in esame.

➤ Modello di carico LM71

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2018 (par. 5.2.2.2.1.1), definiscono questo modello di carico tramite carichi concentrati e carichi distribuiti, riferiti all'asse dei binari.



Treno di carico LM 71

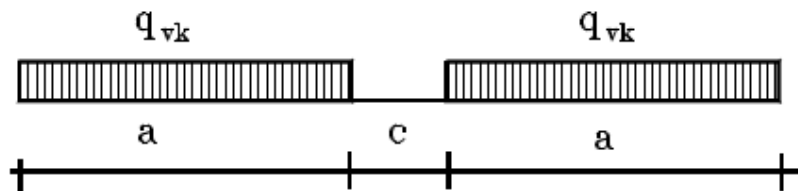
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

Carico distribuito: 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata

Per questo modello di carico è prevista un'eccentricità del carico rispetto all'asse del binario.

➤ Modello di carico SW/2

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2018 (par. 5.2.2.2.1.2), definiscono questo modello di carico tramite solo carichi distribuiti.



Treno di carico SW

Tipo di Carico	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

In questo modello di carico non è prevista alcuna eccentricità del carico ferroviario.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 46 di 102

Le azioni di entrambi i modelli dovranno essere moltiplicate per un coefficiente di adattamento definito dalla seguente tabella (tab. 2.5.1.4.1.1 - RFI DTC SI PS MA IFS 001 A).

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE “α”
LM71	1,10
SW/0	1,10
SW/2	1,00

8.2.4 Effetti dinamici

Per la definizione del coefficiente dinamico si segue quanto contenuto nel par.5.2.2.2.3 del DM 17.1.2018 che per l’opera in esame riporta:

[...] Pile con snellezza $\lambda \leq 30$, spalle, fondazioni, muri di sostegno e spinte del terreno possono essere calcolate assumendo coefficienti dinamici unitari.

8.2.5 Carichi da traffico orizzontali

Sono stati valutati nel calcolo dell’impalcato e quindi sono ricompresi negli scarichi riportati al paragrafo 8.2.2.

8.2.6 Spinta statica del terrapieno

A tergo della spalla, applicato sulla zattera posteriore, viene considerato un carico pari al peso del rinterro calcolato con un peso di volume pari a $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

L’espressione della spinta esercitata da un terrapieno di peso specifico γ , su una parete di altezza H, risulta:

$$S_o = 1/2 * \gamma * H^2 * K_o \quad (\text{spinta per metro lineare di spalla})$$

l’utilizzo di K_o è determinato dall’impossibilità, da parte della spalla, di subire spostamenti; si assume $K_o = 1 - \sin \phi$.

Il punto di applicazione della spinta si trova in corrispondenza del baricentro del diagramma delle pressioni (1/3 H rispetto alla base della parete).

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 47 di 102

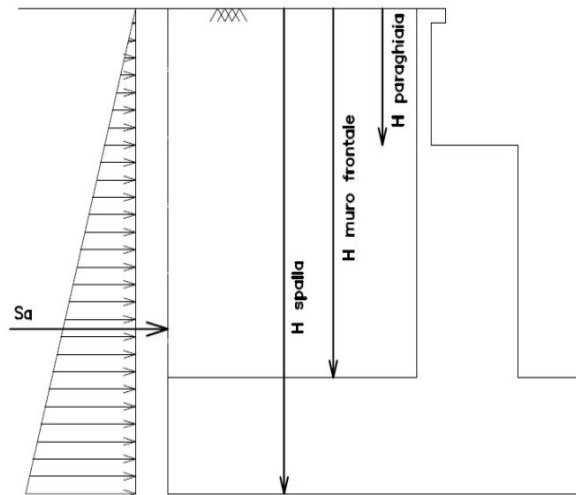


Fig. 1 Spinta statica terreno di riporto

Per il terreno di riempimento si considera lo standard per rilevati ferroviari e si assegnano le seguenti caratteristiche meccaniche:

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3 \qquad \varphi' = 35^\circ \qquad c' = 0$$

8.2.7 Sovraccarico sul terrapieno

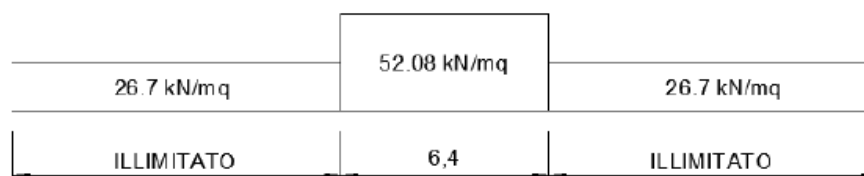
Nell'analisi delle azioni è stato inoltre considerato il contributo, in termini di sovraccarico verticale in fondazione e di spinta, del sovraccarico accidentale eventualmente presente a tergo spalla.

$$q = 53 \text{ kN/ m}^2$$

$$S_q = 53 * 0.426 = 22.58 \text{ kN/m}^2$$

Il valore del sovraccarico è determinate come di seguito descritto:

Considerando la distribuzione trasversale dei carichi su una larghezza di 3.0 m secondo quanto previsto da EN 1991 – 2:2003/AC:2010, si ricava il carico equivalente unitario agente alla quota della piattaforma ferroviaria:



A tali carichi si deve applicare il coefficiente α relativo alle categorie S.T.I. come indicato nella tabella 11 di seguito riportata:

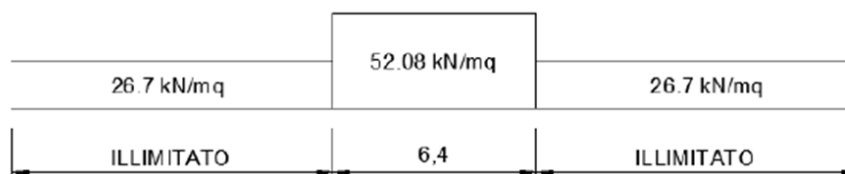
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	48 di 102

Tabella 11

Fattore alfa (α) per la progettazione di strutture nuove

Tipo di traffico	Valore minimo del fattore alfa (α)
P1, P2, P3, P4	1,0
P5	0,91
P6	0,83
P1520	Punto in sospenso
P1600	1,1
F1, F2, F3	1,0
F4	0,91
F1520	Punto in sospenso
F1600	1,1

Nel caso in esame, il coefficiente α è pari ad 1.0 perché le categorie di traffico sono P2-P4 per il traffico passeggeri ed F1 per il traffico merci per cui, alle opere si applicano i seguenti carichi equivalenti:



In favore di sicurezza, tale carico, viene esteso su tutta l'impronta del rilevato della spalla con il suo valore massimo, pari a 53 kN/m².

8.2.8 Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche

In aggiunta in condizioni statiche si considera un sovraccarico accidentale pari a $Q = 53 \text{ kN/m}^2$ gravante sulla spalla e sul cuneo di spinta a tergo di essa

La presenza del sovraccarico Q genera una spinta pari a:

$$S_q = Q \cdot H \cdot K_o$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 49 di 102

Tale spinta è applicata ad una altezza pari a $H/2$.

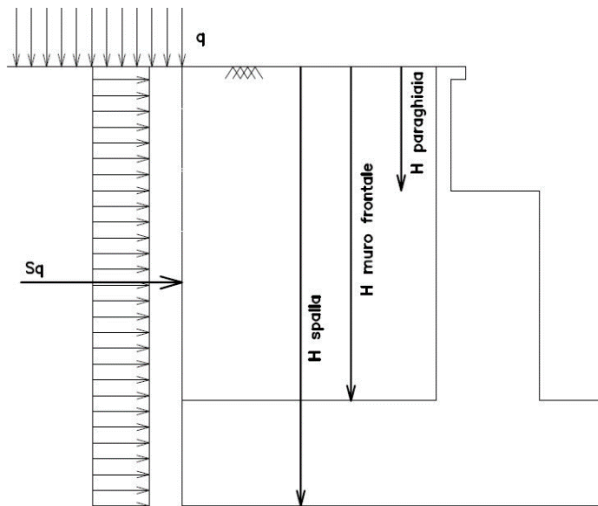


Fig. 2 : Spinta statica sovraccarico accidentale

8.2.9 Azione sismica

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.

➤ Azioni sismiche sulla Spalla

Per la valutazione dell'azione sismica associata ai carichi fissi propri e permanenti /accidentali agenti sulle spalle si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui il sisma è rappresentato da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k_h (coefficiente sismico orizzontale) o k_v (coefficiente sismico verticale) secondo quanto di seguito indicato:

Forza sismica orizzontale $F_h = k_h W$

Forza sismica verticale $F_v = k_v W$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 50 di 102

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad (7.11.6)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.7)$$

dove

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (7.11.8)$$

dove

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente β_m assume i valori riportati nella Tab. 7.11-II.

Per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario.

Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente β_m , si è fatto riferimento alle indicazioni di cui alla Tabella 7.1.II riportata nella stessa sezione della norma, tenendo tuttavia conto della specifica che prescrive, nel caso di muri che non siano in grado di subire spostamenti (quale è il caso delle spalle del viadotto in questione che in virtù della elevata rigidità sia del sistema di fondazione che della parte in elevazione, è interessata da spostamenti trascurabili durante l'evento sismico) un valore del coefficiente β_m pari ad 1.0.

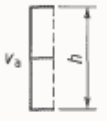
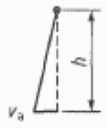
Assumendo tale valore si considera che, cautelativamente, il terreno di riempimento è rigidamente connesso alla spalla e non subisce deformazioni o movimenti relativi rispetto ad essa.

➤ Sovraspinta sismica del terreno

Per il calcolo della spinta del terreno sulle opere di sostegno, occorre tenere presente che la mobilitazione della spinta attiva avviene per spostamenti di entità contenuta, come si evince dalla seguente tabella desunta dall'EC7 - Parte 1 - Annesso C (C.3 "Movements to mobilise limit earth pressures):

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	51 di 102

Table C.1 — Ratios v_a/h

Kind of wall movement		v_a/h loose soil %	v_a/h dense soil %
a)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b)		0,2	0,05 to 0,1
c)		0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
where: v_a is the wall motion to mobilise active earth pressure h is the height of the wall			

In condizioni sismiche, l'entità degli spostamenti dipende principalmente dall'intensità dell'azione sismica e dalla rigidità del sistema pali-terreno; pertanto, la possibilità di ammettere la mobilitazione della spinta attiva è subordinata alla valutazione degli spostamenti dell'opera e potrà essere valutata caso per caso. Cautelativamente, la valutazione degli spostamenti, da effettuarsi calcolando le spinte come somma della spinta attiva in condizioni statiche e dell'incremento di spinta attiva in condizioni sismiche, sarà riferita alla base dell'opera (i.e. alla sommità della palificata) e il confronto con i valori di riferimento per la mobilitazione della spinta attiva sarà effettuato in accordo con lo schema b) della tabella estratta dall'EC7 per terreni addensati (rilevati stradali e ferroviari). L'altezza h rispetto alla quale effettuare la verifica corrisponde all'altezza totale dell'opera su cui agisce la spinta del terreno, comprensiva dello spessore della fondazione.

Qualora, a seguito della verifica dell'entità degli spostamenti, non ricorreranno le condizioni di spinta attiva, si procederà al calcolo delle spinte considerando la somma della spinta statica a riposo e dell'incremento di spinta sismica valutata con la teoria di Wood, secondo le indicazioni contenute nell'EC8 – Parte 5 – Annesso E (E.9 "Force due to earth pressure for rigid structures"):

$$\Delta S_s = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2$$

Tale risultante è applicata ad un'altezza pari ad $H/2$.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	52 di 102

Qualora, a seguito della verifica dell'entità degli spostamenti, ricorressero le condizioni di spinta attiva, si confermerà la correttezza dell'ipotesi di calcolo delle spinte come somma della spinta attiva in condizioni statiche e dell'incremento di spinta attiva in condizioni sismiche.

Per la valutazione del coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche si farà in generale riferimento alla formulazione di Muller – Breslau:

$$k_a = \frac{\cos^2(\alpha + \phi)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha - \delta) \cdot \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

ϕ = angolo di attrito interno del terreno

α = inclinazione del paramento di monte rispetto alla verticale

β = inclinazione del pendio di monte rispetto al piano orizzontale

δ = angolo di attrito terra-muro

Per la valutazione del coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche si farà riferimento alla formulazione di Mononobe-Okabe:

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha + \vartheta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \vartheta)}{\cos(\delta + \alpha + \vartheta) \cdot \cos(\beta - \alpha)}} \right]^2} \quad \text{se } \beta \leq \phi - \theta$$

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha + \vartheta)} \quad \text{se } \beta > \phi - \theta$$

dove θ = angolo sismico, definito secondo la seguente espressione (in assenza di falda) in funzione dei coefficienti sismici k_h e k_v :

$$\tan \theta = k_h / (1 \pm k_v)$$

Nella determinazione dei coefficienti sismici k_h e k_v , per le spalle di ponti e viadotti ferroviari fondate su pali si porrà $\beta_m = 1$ in accordo con l'EC8-5.

Le forze di inerzia agenti sulla massa della struttura e del terreno presente sulla sua fondazione saranno valutate applicando l'accelerazione massima al suolo a_g .

La spinta totale di progetto E_d esercitata dal terrapieno ed agente sull'opera di sostegno in condizioni sismiche è dunque data dalla somma della spinta a riposo, della spinta sismica e della spinta statica data dal sovraccarico accidentale combinata al 20% così come riportato nella Tabella 5.2.V delle NTC2018.

$$E_d = S_{\text{stat}} + 0.2 \cdot S_q + \Delta S_s$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	53 di 102

Infine, nel caso specifico non essendo presente la falda a tergo dell'opera, la spinta idrostatica è nulla.

8.2.10 Incremento di spinta del terrapieno

Avendo valutato preliminarmente l'entità dello spostamento della struttura in fase sismica, e non ricorrendo le condizioni sovra descritte (EC7 - Parte 1 - Annesso C), l'incremento di spinta del terrapieno viene valutato secondo la teoria di Wood.

8.2.11 Inerzie strutturali

Si valutano le inerzie legate alla massa degli elementi strutturali con la seguente formula:

$$F_i = k_h \cdot W_{str}$$

8.2.12 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

Le sollecitazioni agenti in testa palo vengono calcolate nell'ipotesi di platea di fondazione infinitamente rigida, attraverso la relazione

$$R(x, y) = \frac{N}{n} + \frac{M_l}{J_l} \cdot y + \frac{M_t}{J_t} \cdot x$$

dove

N , M_l , M_t sono lo sforzo normale e i momenti flettenti longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata, n è il numero di pali e J_l , J_t sono le inerzie longitudinale e trasversale della palificata

$$J_l = \sum y_i^2 \qquad J_t = \sum x_i^2$$

Per quanto riguarda le sollecitazioni orizzontali in testa palo, si assume che le azioni di taglio di ripartiscano uniformemente tra i pali, risultando

$$T(x, y) = \frac{\sqrt{H_l^2 + H_t^2}}{n}$$

dove H_l , H_t sono le forze orizzontali longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata.

8.3 Sollecitazioni

Il foglio automatico, sulla base di calcoli sviluppati nei fogli successivi, restituisce, per ciascuna combinazione i risultati del controllo di verifica.

8.3.1 Muro paraghiaia

In condizioni statiche il muro paraghiaia è sollecitato dalla spinta del rilevato, dalla spinta dei sovraccarichi accidentali, dai sovraccarichi mobili agenti sulla mensola del muro e dall'azione di

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	54 di 102

frenatura. In condizioni sismiche il muro paraghiaia è sollecitato dalla spinta sismica del rilevato, dalle masse del muro. Il modello di calcolo utilizzato è quello di mensola incastrata al muro frontale.

Larghezza	L	8.4 m
Spessore	s	0.5 m
Altezza	H	1.44 m
Peso	P	18 kN/m
Carico treno	q	53.0 kN/m

Permanenti	Pp	18 kN/m
Spinta del terreno	S ₁	8.84 kN/m
Spinta treno	S ₂	32.54 kN/m
Sisma struttura	S ₃	2.14 kN/m
Sisma terreno (Wood)	S ₄	4.94 kN/m
		combo st
		combo sis
		combo fess

Sollecitazioni		
N	M _T	T _L
kN	kNm	kN
18	0	0
0	4.2	8.8
0	23.4	32.5
0	1.5	2.1
0	3.6	4.9
24.3	40.3	60.5
18.0	32.8	48.5
18.0	27.7	41.4

8.3.2 Muro frontale

Le sollecitazioni riportate nella seguente tabella sono state ottenute dal modello di calcolo descritto nei paragrafi precedenti.

Per la verifica del muro frontale, a quota spiccato, tali azioni possono essere considerate uniformemente distribuite in quanto l'altezza del muro frontale è tale che nell'ipotesi di ripartizione a 45°, tali scarichi si ripartiscono uniformemente alla base del muro

Ai carichi prima riportati, si aggiungono il peso proprio del muro frontale, del muro paraghiaia e la spinta del terreno e del sovraccarico sul rilevato a tergo.

Si ottengono quindi le seguenti sollecitazioni, con riferimento alle combinazioni maggiormente significative.

Larghezza	L	8.4 m
Spessore	s	1.7 m
Altezza	H	6.19 m
Altezza totale	H _{tot}	7.63 m
eccentricità paragh.	ep	0.6 m
eccentricità appoggi	ea	0.25 m

Peso proprio	Pp	263.075 kN/m
--------------	----	--------------

Sollecitazioni				
N	M _T	T _L	M _L	T _T
kN	kNm	kN	kNm	kN
263.1	0.0	0.0	0.0	0.0

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	55 di 102

Paraghiaia	Pp	18 kN/m	18.0	-10.8	0.0	0.0	0.0
Spinta del terreno	S ₁	248.25 kN/m	0.0	631.4	248.3	0.0	0.0
Spinta treno	S ₂	172.44 kN/m	0.0	657.9	172.4	0.0	0.0
Impalcato	Permanenti		205.9	51.5	0.0	0.0	0.0
Impalcato	Accidentali LM71		189.1	47.3	0.0	11.6	0.0
Impalcato	Frenatura/Avviamento		8.0	2.0	67.8	0.0	0.0
Impalcato	Serpeggio		0.0	0.0	0	9.17	6.5
Impalcato	Vento		0.0	0.0	0.0	27.7	8.2
Impalcato	Sisma		8.3	104.8	16.6	171.3	27.7
Sisma struttura	S ₃	31.31 kN/m	0.0	119.4	31.3	35.8	9.4
Sisma terreno (Wood)	S ₄	138.56 kN/m	0.0	528.6	138.6	0.0	0.0

8.3.3 Plinto di fondazione

In questo paragrafo si riporta la determinazione delle sollecitazioni in quota testa pali che si ottengono sommando, alle azioni provenienti dall'impalcato, la risultante e il momento risultante dei pesi della struttura, del terreno interno alla spalla e delle spinte dovute al rilevato rispetto al baricentro del plinto. In condizioni sismiche si è tenuto conto dell'incremento di spinta delle inerzie.

Nella tabella che segue sono indicati la risultante rispetto al baricentro del plinto di fondazione.

Larghezza	L	9.2 m
Spessore	s	1.8 m
Profondità	B	8.24 m
Larghezza suola monte	b	3.55 m
eccentricità paramento	ep	1.33 m
eccentricità rinterro		2.345 m

		Sollecitazioni				
		N	M _T	T _L	M _L	T _T
		kN	kNm	kN	kNm	kN
Peso proprio		3411.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Rinterro		4983.9	-11687.3	0.0	0.0	0.0
sisma		202.98	365.36	405.95	109.61	121.79
Scarichi paramento comb st 1		8985.7	42594.8	6631.3	154.7	0.0
Scarichi paramento comb st 2		8879.1	40797.1	5726.2	844.0	166.2
Scarichi paramento comb st 3		8879.1	40797.1	5726.2	935.8	173.7
Scarichi paramento comb sis		6369.3	39264.0	6210.0	2625.7	341.0
Scarichi paramento comb fess		6292.9	29148.3	4494.6	106.7	0.0

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 56 di 102

8.4 Verifiche degli elementi strutturali

Per tutti gli elementi strutturali della spalla (muro frontale, muro paraghiaia, ...) vengono svolte le seguenti verifiche:

verifiche a rottura (pressoflessione e taglio) per le combinazioni allo stato limite ultimo (SLU).

verifiche tensionali per le combinazioni rare (SLE)

verifiche a fessurazione per le combinazioni rara (SLE)

8.4.1 Paraghiaia

Viene verificata la sezione di incastro con lo spiccato del muro frontale. Nella determinazione dei momenti flettenti di verifica il muro paraghiaia viene considerato come una mensola incastrata allo spiccato del muro frontale, trascurando a favore di sicurezza gli effetti dovuti alla eventuale presenza dei muri di risvolto.

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 50x100 cm

Armatura verticale

$A_s = \Phi 16/20$ (lato controterra)

$A's = \Phi 16/20$ (lato esterno)

Armatura orizzontale

$A_s = \Phi 12/20$

$A's = \Phi 12/20$

La verifica a taglio è soddisfatta come elemento non armato a taglio. Si prevede comunque un minimo di armatura a taglio costituita da spilli $9\varnothing 8/m^2$.

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: paraghiaia

(Percorso File: C:\Commesse\C03\I4_VI53\rc sec\paraghiaia.sez)

Descrizione Sezione:	Calcolo palificata - pressoflessione
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Trave
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm ²

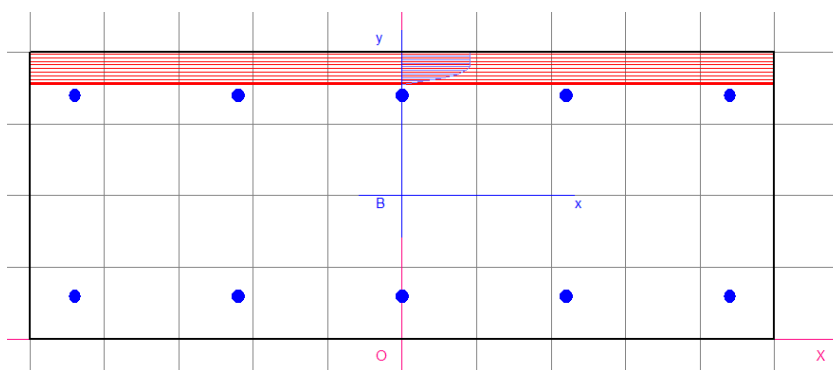
 DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI													
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>RS3U</td><td>40</td><td>D 29 CL</td><td>VI 53 00 001</td><td>A</td><td>57 di 102</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	57 di 102
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	57 di 102								

Resistenza compress. ridotta fcd':	85.00	daN/cm ²
Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	180.00	daN/cm ²

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3600.0	daN/cm ²	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	50.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.0	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm



CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	2430	4034	6045	0
2	1800	3277	4846	0

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 58 di 102

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	1800	2768

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 21.4 cm
Copriferro netto minimo staffe: 1.8 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[S 4.1.1.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	2430	4034	2425	18956	4.699	45.3	0.11	0.70	20.1 (7.4)
2	S	1800	3277	1830	18843	5.750	45.3	0.11	0.70	20.1 (7.4)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	50.0	-0.00099	44.0	-0.02946	6.0
2	0.00350	50.0	-0.00101	44.0	-0.02959	6.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm²)]
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm²)]
Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [(daN/cm²)]
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 59 di 102

Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
(D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	12.8	50.0	0.0	39.2	-592	44.0	13.1	1307	10.1	22.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver Esito verifica
e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e3 Deformazione unitaria al limite dell'area tesa efficace di calcestruzzo
K2 = (e1 + e3)/(2*e3) secondo la (7.13) dell'EC2 e la (C4.1.19)NTC
Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm Distanza massima in mm tra le fessure
wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess. Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00035	0.00010	-0.00023	0.83	0.60	0.000177 (0.000177)	766	0.136 (990.00)	14145

8.4.2 Muro frontale

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione. Nella determinazione dei momenti flettenti di verifica il muro frontale viene considerato come una mensola incastrata nella platea di fondazione, trascurando a favore di sicurezza gli effetti dovuti alla eventuale presenza dei muri di risvolto.

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 170x100 cm

Armatura verticale

As = Φ26/10 (lato controterra)

A's = Φ 26/10 (lato esterno)

Armatura orizzontale

As = Φ 20/20(lato controterra)

A's = Φ 20/20 (lato esterno)

Armatura a taglio

Aw = Φ 10/20 a due braccia

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.
NOME SEZIONE: paramento

Descrizione Sezione: Calcolo palificata - pressoflessione
Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	60 di 102

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di progetto fcd:	170.00 daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	85.00 daN/cm ²
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	180.00 daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0 daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3600.0 daN/cm ²	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	170.0
3	50.0	170.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-44.0	6.0	26
2	-44.0	164.0	26
3	44.0	164.0	26
4	44.0	6.0	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 61 di 102

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	6	26
2	2	3	6	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
Passo staffe: 10.0 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	97671	203342	1682	72079	0
2	96511	203052	5923	62242	1806
3	96511	203052	6773	62242	1888
4	69231	213204	21870	67500	3706

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

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

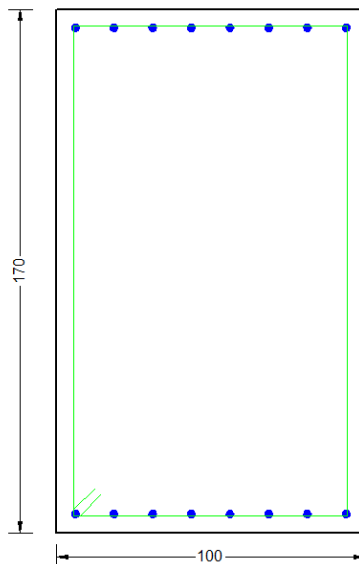
N°Comb.	N	Mx	My
1	68401	137918	1160

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 10.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 3.7 cm

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 62 di 102



VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)
	Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
As Tesa	Area armature trave [cm ²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	97671	203342	1682	97675	368943	3047	1.81	42.5(28.5)
2	S	96511	203052	5923	96534	364590	9793	1.80	42.5(28.5)
3	S	96511	203052	6773	96496	363953	11016	1.79	42.5(28.5)
4	S	69231	213204	21870	69258	333637	34466	1.56	42.5(28.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.069	50.0	170.0	0.00165	44.0	164.0	-0.04698	-44.0	6.0
2	0.00350	0.077	50.0	170.0	0.00182	44.0	164.0	-0.04179	-44.0	6.0
3	0.00350	0.079	50.0	170.0	0.00185	44.0	164.0	-0.04089	-44.0	6.0
4	0.00350	0.107	50.0	170.0	0.00225	44.0	164.0	-0.02907	-44.0	6.0

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 63 di 102

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000002534	0.000306343	-0.048704937	0.069	0.700
2	0.000007924	0.000271641	-0.043075120	0.077	0.700
3	0.000008860	0.000265617	-0.042097909	0.079	0.700
4	0.000024443	0.000184564	-0.029097980	0.107	0.700

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm
Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [daN] = proiezz. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vvd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lunghezza legatura proiettata sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vvd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	72077	446116	226272	163.6	100.0	2.500	1.034	5.0	15.7(0.0)
2	S	62268	435677	224872	162.6	98.3	2.500	1.033	4.3	15.7(0.0)
3	S	62270	437197	224572	162.4	98.8	2.500	1.033	4.4	15.7(0.0)
4	S	67402	402036	218843	158.2	94.1	2.500	1.024	4.8	15.7(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm²]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm²]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	42.9	50.0	170.0	-1433	-44.0	6.0	1699	42.5

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	64 di 102

8.4.3 Zattera di fondazione

Per la valutazione delle sollecitazioni nel plinto di fondazione, è necessario valutare preventivamente le sollecitazioni agenti nei pali di fondazione. Tali sollecitazioni sono state valutate mediante una ripartizione rigida delle sollecitazioni agenti a base plinto.

numero di pali =

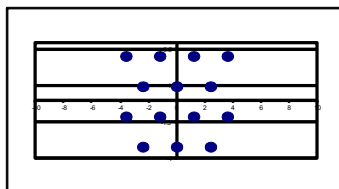
14

	Sollecitazioni				
	N	M _T	T _L	M _L	T _T
	kN	kNm	kN	kNm	kN
combo st	21067	25064	6631	155	0
combo st	20960	23266	5726	844	166
combo st	20960	23266	5726	936	174
combo sis	18653	22098	6616	2735	463
ombo fess	18374	11617	4495	107	0

palo	x	y
(-)	(m)	(m)
1	-3.6	3.12
2	-1.2	3.12
3	1.2	3.12
4	3.6	3.12
5	-2.4	1.04
6	0	1.04
7	2.4	1.04
8	-3.6	-1.04
9	-1.2	-1.04
10	1.2	-1.04
11	3.6	-1.04
12	-2.4	-3.12
13	0	-3.12
14	2.4	-3.12

Caratteristiche di sollecitazione all'intradosso plinto

F_x = 462.74 kN
F_y = 6615.97 kN
F_{zmax} = -18653.48 kN
M_y = 2735.35 kNm
M_x = 22098.43 kNm



Massima verticale su palo

F_{z, palo} = compresso -2324.450 kN

Azione orizz. concomitante (testa palo)

Forizz, risultante = 473.724 kN

AZIONI IN TESTA AL PALO - LATO ESTERNO

palo	yi (m)	yi^2 (mq)	xi (m)	xi^2 (mq)	Fzf (t)	Fzmx (t)	Fzmy (t)	Fz(t)	Fx(t)	Fy(t)	F(t)
1	3.12	9.73	-3.6	12.96	-1332.4	910.6	-122.1	-543.9	33.1	472.6	473.7
2	3.12	9.73	-1.2	1.44	-1332.4	910.6	-40.7	-462.4	33.1	472.6	473.7
3	3.12	9.73	1.2	1.44	-1332.4	910.6	40.7	-381.0	33.1	472.6	473.7
4	3.12	9.73	3.6	12.96	-1332.4	910.6	122.1	-299.6	33.1	472.6	473.7
5	1.04	1.08	-2.4	5.76	-1332.4	303.5	-81.4	-1110.3	33.1	472.6	473.7
6	1.04	1.08	0	0.00	-1332.4	303.5	0.0	-1028.8	33.1	472.6	473.7
7	1.04	1.08	2.4	5.76	-1332.4	303.5	81.4	-947.4	33.1	472.6	473.7
8	-1.04	1.08	-3.6	12.96	-1332.4	-303.5	-122.1	-1758.1	33.1	472.6	473.7
9	-1.04	1.08	-1.2	1.44	-1332.4	-303.5	-40.7	-1676.6	33.1	472.6	473.7
10	-1.04	1.08	1.2	1.44	-1332.4	-303.5	40.7	-1595.2	33.1	472.6	473.7
11	-1.04	1.08	3.6	12.96	-1332.4	-303.5	122.1	-1513.8	33.1	472.6	473.7
12	-3.12	9.73	-2.4	5.76	-1332.4	-910.6	-81.4	-2324.5	33.1	472.6	473.7
13	-3.12	9.73	0	0.00	-1332.4	-910.6	0.0	-2243.0	33.1	472.6	473.7
14	-3.12	9.73	2.4	5.76	-1332.4	-910.6	81.4	-2161.6	33.1	472.6	473.7

Nella tabella seguente sono riportati i valori delle massime reazioni in testa al palo più sollecitato calcolate per le combinazioni di carico di progetto.

combo	Fz, palo	H, palo
fren	2542.23	473.66
serp + vento	2481.05	409.18

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	65 di 102

vento	2483.78	409.20
sismica	2324.45	473.72
fessurazione	1794.35	321.04

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	66 di 102

8.4.4 Verifica del baggiolo

Il baggiolo previsto per il ponte in esame è un elemento unico in calcestruzzo di dimensioni:

Lunghezza: 5.22 m

Larghezza: 0.9 m

Altezza: 0.15 m

Volume: 0.7 m³

Per verificare tale elemento si considera un modello a trave a mensola di sezione 1x0.9 m alta 0.15 m.

Le sollecitazioni che l'impalcato trasmette al baggiolo, riportate al paragrafo 8.2.2, sono le seguenti:

Sollecitazioni					
	N	T _L	T _T	M _L	M _T
	kN	kN	kN	kNm	kNm
▪ Permanenti	1729.5	0.0	0.0	0.0	0.0
▪ Accidentali	1217.7	0.0	0.0	97.4	0.0
	1177.5	0.0	0.0	94.2	0.0
▪ Incremento dinamico	370.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	358.1	0.0	0.0	0.0	0.0
▪ Frenatura/Avviamento	67.2	569.9	0.0	0.0	0.0
	64.8	549.5	0.0	0.0	0.0
▪ Vento	0.0	0.0	68.5	233.0	0.0
▪ Serpeggio	0.0	0.0	55.0	77.0	0.0
▪ Sisma	232.4	464.8	232.4	0.0	0.0

Le sollecitazioni vengono riportate ad un metro di sezione dividendo per la lunghezza del baggiolo (5.22 m). Alla forza assiale dei carichi permanenti si aggiunge il contributo dato dal peso proprio del baggiolo.

Peso baggiolo: $0.7 \cdot 25 = 17.6$ kN

Peso baggiolo al metro: $17.6/5.22 = 3.37$ kN/m

Si considera solo il treno di carico LM71, maggiormente gravoso. Per verificare la sezione di incastro, più sollecitata, è inoltre opportuno aggiungere i momenti di trasporto generati dalle sollecitazioni taglianti che provengono dall'impalcato. Queste infatti sono applicate in corrispondenza degli appoggi dell'impalcato e quindi alla distanza di 15 cm dalla sezione di incastro del baggiolo.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 67 di 102

Le sollecitazioni diventano quindi:

Sollecitazioni					
	N	T _L	T _T	M _L	M _T
	kN	kN	kN	kNm	kNm
Permanenti	334.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Accidentali LM71	304.2	0.0	0.0	18.7	0.0
Frenatura/Avviamento LM71	12.9	109.2	0.0	16.4	0.0
Vento	0.0	0.0	13.1	44.6	10.3
Serpeggio	0.0	0.0	10.5	14.8	8.3
Sisma	44.5	89.0	44.5	13.4	34.9

Applicando gli opportuni coefficienti parziali di sicurezza si combinano le sollecitazioni indotte dalle diverse azioni e si ottengono i valori finali.

Sollecitazioni					
	N	M _T	M _L	T _L	T _T
	kN	kNm	kN	kNm	kN
combo st	96175	0	5081	15831	0
combo st	94310	2357	10727	0	3010
combo st	94310	2281	9449	0	2913
combo sis	69626	3486	4840	19823	4452
combo fess	65174	0	3504	0	0

fren
serp + vento
vento

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: baggiolo3

(Percorso File: C:\Commesse\COJ\L4_VI53\rc sec\baggiolo3.sez)

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di progetto fcd:	170.00 daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	85.00 daN/cm ²
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	180.00 daN/cm ²

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	68 di 102

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0 daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3600.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C30/37

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

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-44.0	6.0	20
2	-44.0	84.0	20
3	44.0	84.0	20
4	44.0	6.0	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

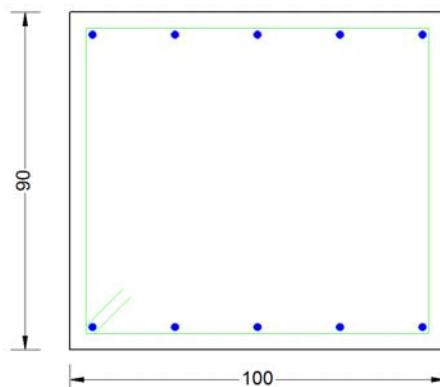
N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	20
2	2	3	3	20

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	14	mm
Passo staffe:	20.0	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	69 di 102



CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	96175	10	5081	15831	0
2	94310	2357	10727	0	3010
3	94310	2281	9449	0	2913
4	69626	3486	4840	19823	4452

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	65174	0	3504

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	20.0	cm
Copriferro netto minimo staffe:	3.6	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 70 di 102

My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	96175	10	5081	96167	23	98497	19.39	25.1(15.1)
2	S	94310	2357	10727	94321	20934	94056	8.77	25.1(15.1)
3	S	94310	2281	9449	94301	22468	93687	9.91	25.1(15.1)
4	S	69626	3486	4840	69602	53408	73485	15.23	25.1(15.1)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.148	50.0	90.0	0.00199	44.0	84.0	-0.02021	-44.0	6.0
2	0.00350	0.208	50.0	90.0	0.00241	44.0	84.0	-0.01332	-44.0	6.0
3	0.00350	0.212	50.0	90.0	0.00243	44.0	84.0	-0.01303	-44.0	6.0
4	0.00350	0.268	50.0	90.0	0.00263	44.0	84.0	-0.00958	-44.0	6.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000251743	0.000000495	-0.009131742	0.148	0.700
2	0.000157938	0.000023477	-0.006509822	0.208	0.700
3	0.000153901	0.000024573	-0.006406624	0.212	0.705
4	0.000093067	0.000051616	-0.005798782	0.268	0.774

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 14 mm
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [daN] = proiezione di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vvd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	71 di 102

L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lunghezza proiezione sulla direzione del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direzione del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	31	237716	127399	94.0	90.2	2.500	1.063	0.0	15.4(0.0)
2	S	2977	225622	124347	91.7	87.8	2.500	1.062	0.4	15.4(0.0)
3	S	2877	224415	124252	91.7	87.4	2.500	1.062	0.4	15.4(0.0)
4	S	13508	194736	128099	94.5	74.7	2.500	1.046	1.6	15.4(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm²]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm²]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	9.1	50.0	90.0	74	-44.0	6.0	----	----

8.4.5 Verifica dei ritegni sismici

Al fine di verificare le piastre di acciaio impiegate nei ritegni sismici trasversali in carpenteria metallica, si considerano le massime forze orizzontali agenti in corrispondenza degli appoggi fissi.

In tal senso si fa riferimento alla tabella riportata al capitolo 7 relativamente agli appoggi fissi. Si nota come il valore massimo per le azioni orizzontali trasversali è il taglio prodotto dal sisma:

$$T_{max} = 46.5 \text{ kN}$$

Considerando che tale sforzo è applicato a tutti gli appoggi fissi presenti, per ottenere il taglio globale si moltiplica il valore per il numero degli appoggi fissi.

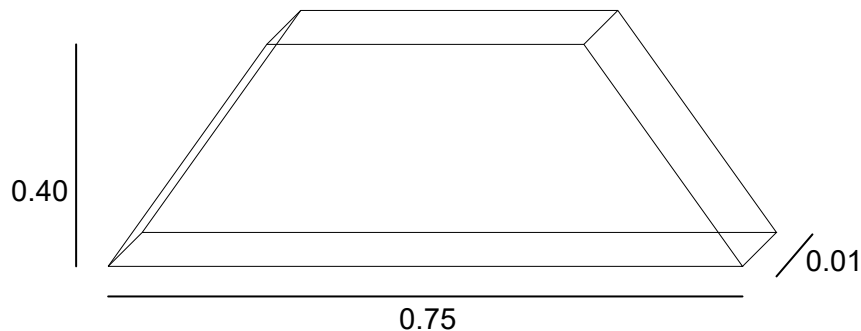
$$n. \text{ appoggi} = 5$$

$$T_{tot} = 233 \text{ kN}$$

Con tale valore di taglio si verificano le piastre costituenti il ritegno sismico.

Si considerano due piastre trapezoidali di base maggiore pari a 0.75 m e altezza pari a 0.4 m. Lo spessore delle piastre è pari a 0.01 m. Tali piastre si ripartiranno l'azione orizzontale dell'impalcato mediante una piastra ortogonale su cui battano i cuscinetti in neoprene.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	72 di 102



Al fine di verificare le piastre si considera un modello di calcolo a trave incastrata ad una estremità, con sezione pari a 0.75x0.02 m, alta 0.40 m. Riportando quindi lo sforzo di taglio in corrispondenza della sezione di incastro, maggiormente sollecitata, si ottiene anche un momento:

$$M_{max} = 233 \cdot 0.4 = 93.2 \text{ kNm}$$

- *Verifica a taglio*

Considerando:

Area resistente a taglio di una piastra

$$A_v = 0.75 \cdot 0.02 = 0.015 \text{ m}^2$$

Tensione caratteristica di snervamento

$$f_{yk} = 355000 \text{ kN/m}^2$$

Si ottiene che la resistenza di progetto a taglio vale:

$$V_{C,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 2928 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta

- *Verifica a flessione*

Modulo di resistenza plastico

$$W_{pl} = \frac{0.75^2 \cdot 0.02}{4} = 0.0028 \text{ m}^3$$

Tensione caratteristica di snervamento

$$f_{yk} = 355000 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{C,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 946.7 \text{ kNm}$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 73 di 102

La verifica è soddisfatta.

- *Verifica di interazione taglio – flessione*

$$V_{Ed} \leq 0.5 V_{C,Rd}$$

$$233 \leq 0.5 \cdot 2928 = 1464 \text{ kN}$$

Non risulta interazione tra taglio e flessione.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 74 di 102

8.4.6 Verifica dei giunti

Per ponti e viadotti costituiti da una serie di travi semplicemente appoggiate di uguale luce, salvo più accurate determinazioni, l'entità dell'escursione totale dei giunti e degli apparecchi d'appoggio può essere valutata nella seguente maniera:

In direzione longitudinale:

$$E_L = k_1 \cdot (E_1 + E_2 + E_3) = k_1 \cdot (2 \cdot D_t + 4 \cdot d_{Ed} \cdot k_2 + 2 \cdot d_{eg})$$

dove:

- E_1 = spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;
- E_2 = spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica;
- E_3 = spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni di strutture non collegate;
- $k_1 = 0.45$ = coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo;
- $k_2 = 0.55$ = coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti;
- d_{Ed} = spostamento relativo totale tra le parti, pari allo spostamento d_E prodotto dall'azione sismica di progetto, calcolato come indicato nel § 7.3.3.3 del DM 14.1.2008;
- d_{eg} = spostamento relativo tra le parti dovuto agli spostamenti relativi del terreno, da valutare secondo il § 3.2.5.2 del DM 14.1.2008.

Calcolo dello spostamento D_t

$$D_t = \pm \alpha \cdot L \cdot \Delta T \cdot 1.5 = \pm 10 \cdot 10^{-6} \cdot 15700 \cdot 22.5 = \pm 3.5 \text{ mm}$$

Calcolo dello spostamento d_{Ed}

Gli spostamenti della struttura sotto l'azione sismica di progetto allo SLV si ottengono moltiplicando gli spostamenti d_{Ee} ottenuti dall'analisi lineare, statica o dinamica, per il fattore μ_d :

$$d_{Ed} = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$$

dove:

- $\mu_d = q$ se $T_1 \geq T_C$;
- $\mu_d = 1 + (q - 1) \cdot T_C / T_1$ se $T_1 < T_C$.

In ogni caso:

$$\mu_d \leq 5 \cdot q - 4.$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 75 di 102

Nel caso in esame, avendo condotto un'analisi semplificata per il progetto di impalcato e spalle, si calcola il valore dello spostamento d_{Ee} valutando la freccia in corrispondenza dell'estremo libero del modello a mensola incastrata utilizzato per la spalla. Lo spostamento sarà valutato in relazione all'azione sismica in direzione longitudinale all'impalcato.

Considerando la massima sollecitazione di taglio longitudinale in corrispondenza degli appoggi fissi e un numero di appoggi pari a 5 si ha:

$$T_{max} = 93 \text{ kN}$$

$$n. \text{ appoggi} = 5$$

$$T_{tot} = 465 \text{ kN}$$

Le caratteristiche geometriche della spalla sono:

Altezza: 3.75 m

Larghezza: 8.40 m

Spessore: 1.30 m

Modulo elastico: 33019400 kN/m²

Momento di inerzia della sezione: $(8.4 \times 3.75^3)/12 = 1.5 \text{ m}^4$

La freccia risulta:

$$f = \frac{p \cdot l^3}{3EJ} = \frac{465 \cdot 3.75^3}{3 \cdot 33019400 \cdot 1.5} \cdot 1000 = 0.2 \text{ mm}$$

Noto che $d_{Ee} = f = 0.17 \text{ mm}$

Considerando:

$$q = 1$$

$$T_C = 0.636 \text{ s}$$

$$T_1 = 0.202 \text{ s}$$

$$\mu_d = 1 + (q - 1) \cdot T_C / T_1 = 1 + (1 - 1) \cdot 0.636 / 0.202 = 4.95, \text{ si considera } \mu_d = 1.$$

Quindi:

$$d_{Ed} = 0.2 \text{ mm}$$

Calcolo dello spostamento d_{eq}

Il valore dello spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo (d_g) può ottenersi utilizzando l'espressione:

$$d_g = 0.025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 76 di 102

Per due punti “i” e “j” a distanza “x” minore di 20m e ricadenti su sottosuoli differenti, lo spostamento relativo è rappresentato da d_{ij0} (spostamento relativo tra due punti a piccola distanza):

$$d_{ij0}(x) = 1.25 \cdot |d_{gi} - d_{gj}|$$

dove d_{gi} e d_{gj} sono gli spostamenti massimi del suolo nei punti “i” e “j”, calcolati con riferimento alle caratteristiche locali del sottosuolo, mentre se i punti ricadono su sottosuolo dello stesso tipo, lo spostamento relativo può essere stimato con le espressioni:

$$d_{ij(x)} = d_{ijmax} / v_s \cdot 2.3 \cdot x \text{ per sottosuolo tipo D;}$$

$$d_{ij(x)} = d_{ijmax} / v_s \cdot 3.0 \cdot x \text{ per sottosuolo di tipo diverso da D;}$$

con:

$$- d_{ijmax} = 1.25 \cdot \sqrt{(d_{gi}^2 + d_{gj}^2)};$$

- v_s = velocità di propagazione delle onde di taglio in m/s.

Se i punti “i” e “j” si trovano a distanza maggiore di 20m, in assenza di forti discontinuità orografiche, lo spostamento relativo si può valutare con l’espressione:

$$d_{ij(x)} = d_{ij0} + (d_{ijmax} - d_{ij0}) \cdot [1 - e^{(-1.25 \cdot (x / v_s)^{0.7})}].$$

Nel caso in esame si ha:

$$- x = 13.50 \text{ m} < 20 \text{ m};$$

$$- \text{categoria di sottosuolo C per entrambe le spalle (caratterizzata da } v_{smin} = 180 \text{ m/s);}$$

$$- d_{gi} = d_{gj} = 0.025 \cdot 0.099 \cdot 1.2 \cdot 0.636 \cdot 1.996 = 0.037 \text{ m};$$

$$- d_{ijmax} = 1.25 \cdot \sqrt{(2 \cdot 0.037^2)} = 0.0654 \text{ m};$$

e quindi:

$$d_{eg} = 0.0654 / 180 \cdot 3.0 \cdot 13.50 \cdot 10^3 = 15.0 \text{ mm}$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	77 di 102

Calcolo dell'escursione

$E_1=2D_t$	=	7.00	[mm]	Spostamento dovuto alla variazione termica uniforme
$E_2=4d_{Ed} k_2$	=	0.44	[mm]	Spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica
$E_3=2 d_{Eg}$	=	30.0	[mm]	Spostamento dovuto all'azione sismica tra le fondazioni di strutture non collegate
$E_L=k_1(E_1+E_2+E_3)$	=	16.8	[mm]	Escursione giunto
E_0	=	7.065	[mm]	Escursione termica
$E_L=\max(E_0;E_1;E_2;E_3)$	=	30.0	[mm]	Escursione giunto
$E_{L,min}=2.3 L/1000+0.073$	=	109.1	[mm]	RFI DTC SI PS MA IFS 001 C (2.5.2.1.5.1)
$E_{Ld}=\max(E_L;E_{L,min})$	=	109.1	[mm]	
$\pm(E_L/2+10 \text{ mm})$	=	65	[mm]	RFI DTC SI PS MA IFS 001 C (2.5.2.1.5.3)
$\max(\pm(E_L/2+15 \text{ mm}), \pm(E_L/2+E_L/8))$	=	70	[mm]	Corsa apparecchi di appoggio mobili

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	78 di 102

9. PALI DI FONDAZIONE

9.1 Verifica a carico limite verticale

La verifica a carico limite verticale dei pali di fondazione viene condotta confrontando il carico limite di un palo Q_{lim} , dato dalla somma della resistenza alla base Q_b e della resistenza laterale Q_s , con il valore di progetto (che tiene conto dei coefficienti parziali di sicurezza) del carico applicato in testa al palo Q_{Ed} .

$$Q_{lim} = Q_b + Q_s = \frac{\pi d^2}{4} p + \pi d \int_0^L s \cdot dz$$

$$p = N_q \sigma_{vL} + N_c c \quad \text{con} \quad N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \varphi$$

Dove con p si indica la resistenza unitaria alla punta, con s la resistenza allo scorrimento all'interfaccia laterale palo-terreno, con d il diametro e con L la lunghezza del palo e con σ'_{vL} la tensione litostatica verticale alla profondità L .

Il calcolo del carico limite di un palo si riferisce sia alle condizioni drenate sia alle condizioni non drenate. Nel primo caso, il calcolo viene condotto in termini di tensioni efficaci, mentre, nel secondo caso risulta in genere più agevole eseguirlo in termini di tensioni totali.

Il modello di calcolo impiegato è quello proposto da Berezantzev et al. (1961) che ipotizza l'esistenza di una sorta di effetto silo (Figura 9) per il quale la tensione verticale σ'_{vL} risulterebbe minore della tensione litostatica.

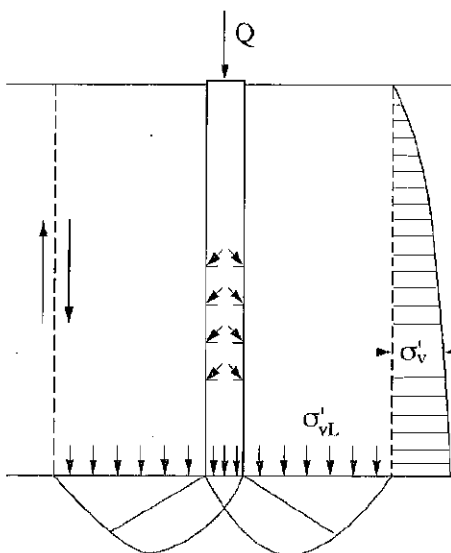


Figura 9 - Valori Effetto silo (Berezantzev et al. (1961).

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	79 di 102

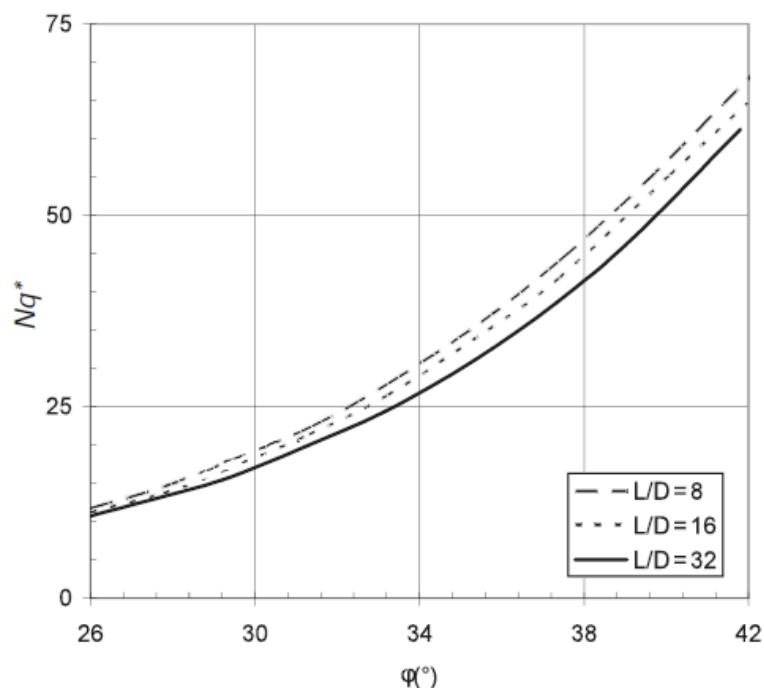


Figura 10 - Valori di N_q secondo Berezantzev (1965).

Il coefficiente N_q risulta funzione decrescente del rapporto L/d oltre che funzione crescente dell'angolo di attrito (Figura 10).

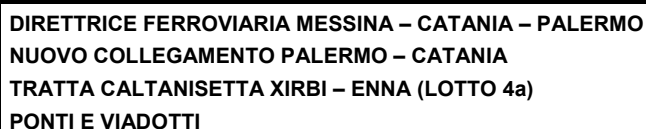
Si tiene conto, inoltre, dell'effetto gruppo della palificata calcolando il carico limite verticale Q_{Glim} di un gruppo di N pali; Q_{Glim} differisce, in generale, dal prodotto del carico limite Q_{lim} del palo singolo per il numero N di pali del gruppo. Si pone:

$$Q_{Glim} = N E Q_{lim}$$

dove il fattore E è detto efficienza della palificata. In particolare, per un gruppo costituito da m file di pali con n pali per ciascuna fila, si adotta la formula empirica di Converse Labarre:

$$E = 1 - \frac{\arctg(d/i)}{\pi/2} \frac{(m-1)n + (n-1)m}{mn}$$

nella quale i rappresenta l'interasse tra i pali del gruppo.



COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 C1	VI 53 00_001	A	80 di 102

RELAZIONE DI CALCOLO

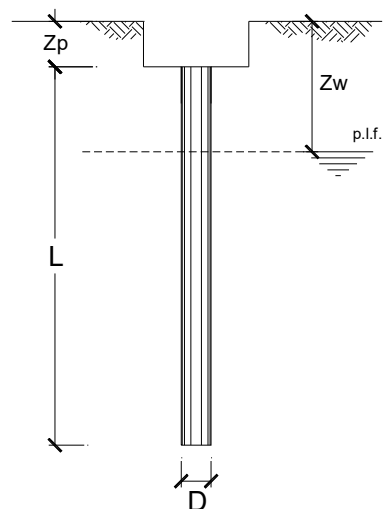
DATI DI INPUT:

Carico Assiale Permanente (G): 2542.23 (kN) Carico Assiale variabile (Q): (kN)

Numero di strati 1

coefficienti parziali			azioni	
Metodo di calcolo			permanenti	variabili
			γ_G	γ_Q
SLU	A1+M1+R1		1.30	1.50
	A2+M1+R2		1.00	1.30
	A1+M1+R3		1.30	1.50
	SISMA		1.00	1.00
DM88			1.00	1.00
definiti dal progettista			1.00	1.00

n	1 	2 	3 	4 	5 	7 
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28



9.1.1 Condizioni drenate

PARAMETRI MEDI

[illegible]

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

[illegible]**PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)**[illegible][illegible]

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 81 di 102

RISULTATI

Strato	Spess	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)				
			Qsi	Nq	Nc	qb	Qbm	Qsi	Nq	Nc	qb	Qbm
(-)	(m)		(kN)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)	(kN)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)
1	27.00	TRV	3256.1	7.65	19.32	2865.5	2250.5	3256.1	7.65	19.32	2865.5	2250.5

CARICO ASSIALE AGENTE

$$N_d = N_G \cdot \gamma_G + N_Q \cdot \gamma_Q$$

$$N_d = 2542.2 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE MEDIA

$$\text{base } R_{b;\text{cal med}} = 2250.5 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s;\text{cal med}} = 3256.1 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c;\text{cal med}} = 5506.6 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE MINIMA

$$\text{base } R_{b;\text{cal min}} = 2250.5 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s;\text{cal min}} = 3256.1 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c;\text{cal min}} = 5506.6 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA

$$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b;\text{cal med}}/\xi_3; R_{b;\text{cal min}}/\xi_4) = 1323.8 \text{ (kN)}$$

$$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s;\text{cal med}}/\xi_3; R_{s;\text{cal min}}/\xi_4) = 1915.3 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 3239.2 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

$$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$$

$$R_{c,d} = 2646.1 \text{ (kN)}$$

$$F_s = R_{c,d} / N_d$$

$$F_s = 1.04$$

CALCOLO EFFICIENZA DELLA PALIFICATA			
N (n° di pali)	14		
i (interasse)	2.4	E_G	21066 kN
d (diametro)	1	$R_{G,\text{lim}}$	23856 kN
m (n° file)	4	FS_G	1.1324
n (n° pali/fila)	3.00		
$\arctan(i/d)$	0.39		
$\arctan(i/d)/(\pi)$	0.25		
$[(m-1)n+(n-1)i]$	1.42		
E=	0.64		

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	82 di 102

9.1.2 Condizioni non drenate

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (-) (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	c'_{med} (kPa)	ϕ'_{med} (°)	$c_{u,med}$ (kPa)
1	27.00	TRV	21.00	0.0	19.0	200.0

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
(-)	(-)	(-)	(-)
0.67	0.34		0.40

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (-) (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	c'_{min} (kPa)	ϕ'_{min} (°)	$c_{u,min}$ (kPa)
1	16.00	TRV	21.00	0.0	19.0	200.0

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
(-)	(-)	(-)	(-)
0.67	0.34		0.40

RISULTATI

Strato	Spess (-) (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)				
			Qsi (kN)	Nq (-)	Nc (-)	qb (kPa)	Qbm (kN)	Qsi (kN)	Nq (-)	Nc (-)	qb (kPa)	Qbm (kN)
1	27.00	TRV	6785.8	0.00	9.00	2383.8	1872.2	4021.2	0.00	9.00	3528.0	2770.9

CARICO ASSIALE AGENTE

$$N_d = N_G \cdot \gamma_G + N_Q \cdot \gamma_Q$$

$$N_d = 2542.2 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE MEDIA

$$\text{base } R_{b,cal med} = 1872.2 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal med} = 6785.8 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal med} = 8658.1 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE MINIMA

$$\text{base } R_{b,cal min} = 2770.9 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal min} = 4021.2 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal min} = 6792.1 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA

$$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal med}/\xi_3; R_{b,cal min}/\xi_4) = 1101.3 \text{ (kN)}$$

$$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal med}/\xi_3; R_{s,cal min}/\xi_4) = 2365.4 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 3466.7 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

$$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$$

$$R_{c,d} = 2872.7 \text{ (kN)}$$

$$F_s = R_{c,d} / N_d$$

$$F_s = 1.13$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	83 di 102

CALCOLO EFFICIENZA DELLA PALIFICATA			
N (n° di pali)	14		
i (interasse)	2.4	E_G	21066 kN
d (diametro)	1	$R_{G,lim}$	25898 kN
m (n°file)	4	FS_G	1.2294
n (n°pali/fila)	3.00		
$\arctan(i/d)$	0.39		
$\arctan(i/d)/(\pi)$	0.25		
$[(m-1)n+(n-1)i]$	1.42		
E=	0.64		

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	84 di 102

9.2 Verifica a carico limite orizzontale

Il carico limite di un palo verticale sotto l'azione di una forza orizzontale è stato valutato facendo riferimento alla teoria sviluppata da Broms (1964). Si assume che il comportamento dell'interfaccia palo-terreno sia di tipo rigido-perfettamente plastico e cioè che la resistenza del terreno si mobiliti interamente per un qualsiasi valore non nullo dello spostamento δ e rimanga poi costante al crescere dello spostamento stesso.

Per quanto riguarda la resistenza del terreno, si considera separatamente il caso di rottura non drenata, analizzato in termini di tensioni totali (terreno coesivo; $c = c_u$; $\varphi=0$) e quello di rottura drenata (terreno incoerente; $c'=0$; $\varphi'\neq 0$). In ambedue i casi il terreno è stato assunto come omogeneo e cioè avente proprietà costanti con la profondità.

I possibili meccanismi di rottura per un palo vincolato alla sua estremità attraverso un vincolo che ne impedisca totalmente o parzialmente la rotazione sono rappresentati in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, Figura 12, Figura 13 e possono essere indicati come rottura a palo "corto", "intermedio" e "lungo".

Si tiene in considerazione inoltre la teoria di Broms modificata, come indicato nell'articolo: "*Head embedment in Broms pile lateral capacity theory for cohesionless soils*", Pasquale De Simone, 2012. Nella suddetta teoria si tiene in considerazione l'effetto della posizione della testa dei pali e della presenza del sovraccarico agente a quota testa palo.

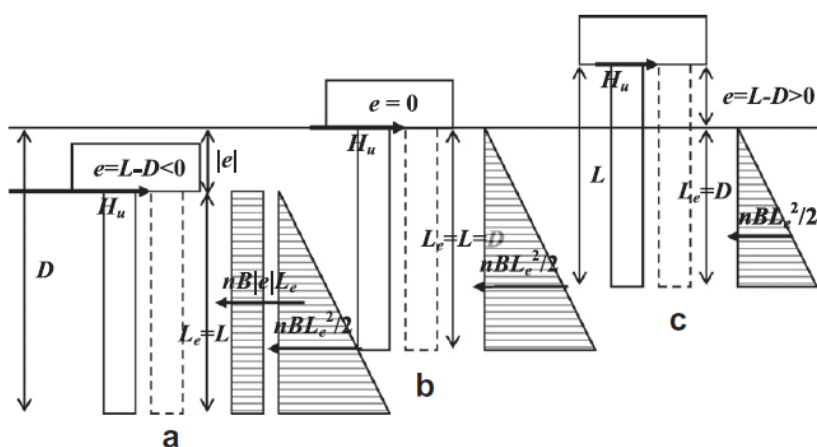


Figura 11 - Reazione del terreno per pali corti impediti di ruotare in testa

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 85 di 102

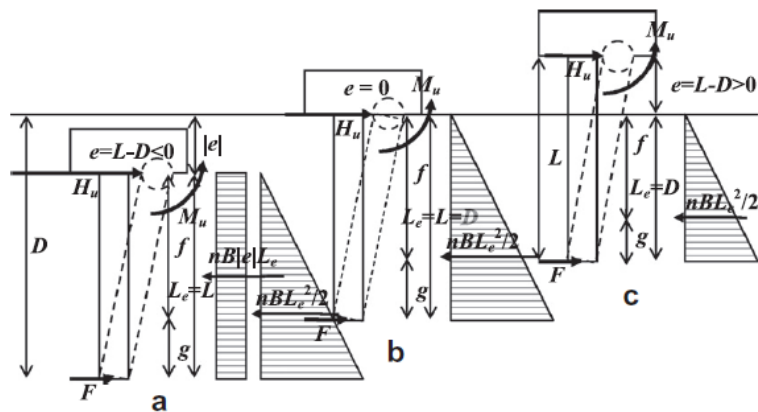


Figura 12 - Reazione del terreno per pali intermedi impediti di ruotare in testa

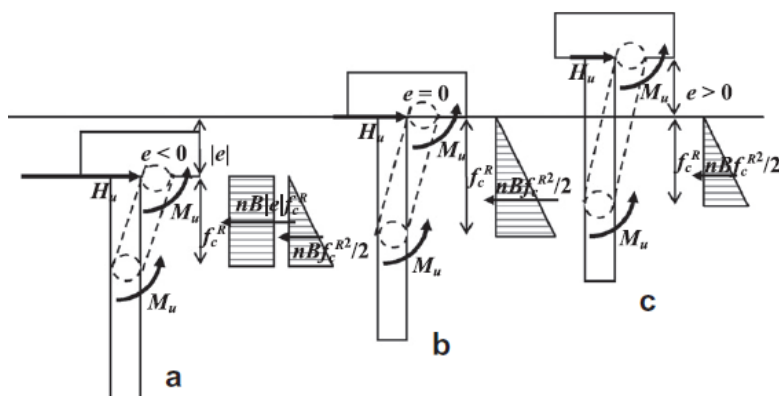


Figura 13 - Reazione del terreno per pali lunghi impediti di ruotare in testa

Noto che la deformabilità dei pali in gruppo è maggiore della deformabilità del singolo palo immerso nello stesso terreno: come riportato nel testo di riferimento: “*Fondazioni*”, Carlo Viggiani (1999) il valore minimo dell’efficienza è pari a 0.5, quindi cautelativamente si è scelto di applicare alla portanza orizzontale dei pali un valore di 0.5.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	86 di 102

Calcolo del momento di plasticizzazione

Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare

Diametro = 1000 (mm)

Raggio = 500 (mm)

Sforzo Normale = 465 (kN)

Caratteristiche dei Materiali

calcestruzzo

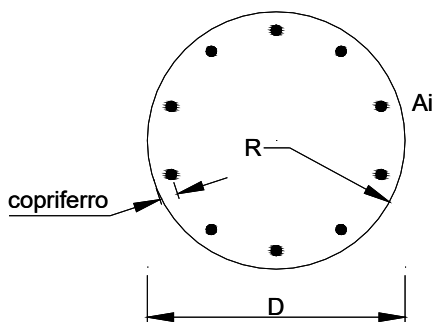
Rck = 30 (Mpa)

fck = 25 (Mpa)

γ_c = 1.5

α_{cc} = 0.85

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 14.17$ (Mpa)



Acciaio

tipo di acciaio

f_{yk} = 450 (Mpa)

γ_s = 1.15

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.3$ (Mpa)

E_s = 210000 (Mpa)

ε_{ys} = 0.186%

ε_{uk} = 10.000%

Armature

numero	diametro (mm)	area (mm ²)	copriferro (mm)
26	26	13804.16	85
0	0	0.00	0
0	0	0.00	0

calcolo

Momento di Plasticizzazione

M_y = 1962.9 (kN m)

Inserisci

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	87 di 102

9.2.1 Condizioni DRENATE

<u>Hp. Broms</u>	γ_R	1.3	Resistenza globale
A1+MI+R3	ξ_3	1.7	Verticali di indagine
	η	0.5	Efficienza palificata

2

Stratigrafia da testa palo

Unità	Nome	Tipo	γ	c'	φ'	K_p	C_u
			kN/mc	kPa	°	-	kPa
1	TRV	Incoerente	21	24	19	1.97	200
2	TRV	Coesivo				1.00	
3	A	Incoerente				1.00	
4	DG	Incoerente				1.00	
5	A	Incoerente				1.00	
6	DG	Incoerente				1.00	
7	A	Coesivo				1.00	
8	DG	Incoerente				1.00	

d_{palo}	1	m
L_{palo}	27	m
Z testa palo	1.8	m
Z_w	1.8	m
$\gamma_{rinterro}$	19	kN/mc
q	34.2	kPa

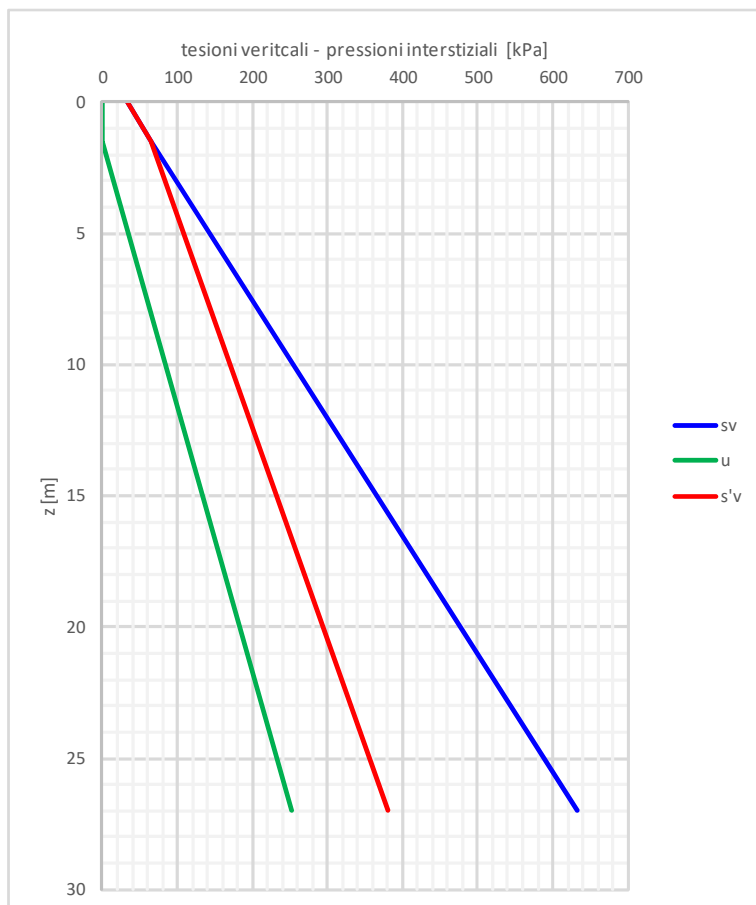
Per Broms modificato: possibilità di tener conto di un sovraccarico di monte

M_{Rd}	1962	kNm
T_{Ed}	473	kN

Stratigrafia da testa palo

Unità	Nome	z_i-f	spessore	s_v	u	s'_v	p
		m	m	kPa	kPa	kPa	kN/m
1	TRV	0	27	34.2	0	34.2	201.6561
		1.5		65.7	0	65.7	387
		1.5		65.7	0	65.7	387
		27		632.7	252	380.7	2245
2	TRV	27		632.7	252	380.7	0
		27		632.7	252	380.7	0
3	A	27		632.7	252	380.7	1142
		27		632.7	252	380.7	1142
4	DG	27		632.7	252	380.7	1142
		27		632.7	252	380.7	1142
5	A	27		632.7	252	380.7	1142
		27		632.7	252	380.7	1142
6	DG	27		632.7	252	380.7	1142
		27		632.7	252	380.7	1142
7	A	27		632.7	252	380.7	0
		27		632.7	252	380.7	0
8	DG	27		632.7	252	380.7	1142
		27		632.7	252	380.7	1142

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	88 di 102



Meccanismo	T _{MAX}	M _{MAX}	a(*)	f(**)
	kN	kNm	m	m
Palo Corto	31651	532138	-	-
Palo intermedio	-343	0	17.86	-
Palo lungo	2605	1962	-	5.54

(*) a = profondità punto di rotazione

(**) f = profondità formazione seconda cerniera plastica

Resistenza di progetto	T _{Rk,s} [kN]	2262	Resistenza caratteristica palo singolo
	T _{Rd,s} [kN]	1023	Resistenza di progetto palo singolo
	T _{Rd,g} [kN]	512	Resistenza di progetto palificata

Verifica	T _{Ed} [kN]	473	OK
	T _{Rd} [kN]	512	

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	89 di 102

9.2.2 Condizioni NON DRENATE

<u>H_p Broms</u>	γ_R	1.3	Resistenza globale
A1+MI+R3	ξ_3	1.7	Verticali di indagine
	η	0.5	Efficienza palificata

2

Stratigrafia da testa palo

Unità	Nome	Tipo	γ	c'	φ'	K_p	C_u
			kN/mc	kPa	°	-	kPa
1	TRV	Coesivo	21	24	19	1.97	200
2	TRV	Coesivo				1.00	
3	A	Incoerente				1.00	
4	DG	Incoerente				1.00	
5	A	Incoerente				1.00	
6	DG	Incoerente				1.00	
7	A	Coesivo				1.00	
8	DG	Incoerente				1.00	

d _{palo}	1	m
L _{palo}	27	m
Z _{testa palo}	1.8	m
Z _w	1.8	m
$\gamma_{Rinterro}$	19	kN/mc
q	34.2	kPa

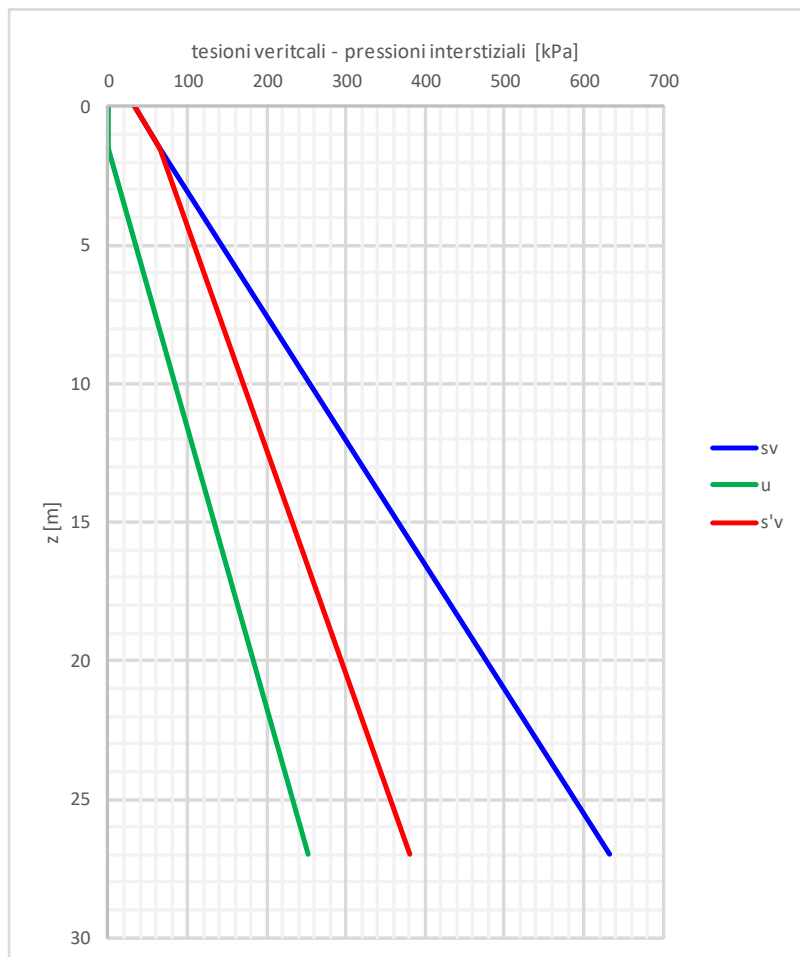
Per Broms modificato: possibilità di tener conto di un sovraccarico di monte

M _{Rd}	1962	kNm
T _{Ed}	473	kN

Stratigrafia da testa palo

Unità	Nome	Z _{i-f}	spessore	s _v	u	s' _v	p
		m	m	kPa	kPa	kPa	kN/m
1	TRV	0	27	34.2	0	34.2	0
		1.5		65.7	0	65.7	0
		1.5		65.7	0	65.7	1800
		27		632.7	252	380.7	1800
2	TRV	27		632.7	252	380.7	0
		27		632.7	252	380.7	0
3	A	27		632.7	252	380.7	1142
		27		632.7	252	380.7	1142
4	DG	27		632.7	252	380.7	1142
		27		632.7	252	380.7	1142
5	A	27		632.7	252	380.7	1142
		27		632.7	252	380.7	1142
6	DG	27		632.7	252	380.7	1142
		27		632.7	252	380.7	1142
7	A	27		632.7	252	380.7	0
		27		632.7	252	380.7	0
8	DG	27		632.7	252	380.7	1142
		27		632.7	252	380.7	1142

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	90 di 102



Meccanismo	T _{MAX}	M _{MAX}	a(*)	f(**)
	kN	kNm	m	m
Palo Corto	45810	649355	-	-
Palo intermedio	13023	64618	17.86	-
Palo lungo	7281	1962	-	5.54

(*) a = profondità punto di rotazione

(**) f = profondità formazione seconda cerniera plastica

Resistenza di progetto	T _{Rk,s} [kN]	7281	Resistenza caratteristica palo singolo
	T _{Rd,s} [kN]	3295	Resistenza di progetto palo singolo
	T _{Rd,g} [kN]	1647	Resistenza di progetto palificata

Verifica	T _{Ed} [kN]	473	OK
	T _{Rd} [kN]	1647	

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 91 di 102

9.3 Calcolo dei cedimenti

Il calcolo dei cedimenti è stato effettuato attraverso la seguente espressione:

$$\delta = \beta \cdot F_{ck} / E \cdot L$$

In cui: β è un coefficiente di influenza adimensionale funzione di L/D e del modello di sottosuolo adottato;

F_{ck} è il carico caratteristico agente;

E è il modulo elastico del terreno;

L è la lunghezza del palo.

Per l'espressione di β si è fatto riferimento all'espressione proposta da Poulos e Davis (1981):

$$\beta = 0,5 + \text{Log}\left(\frac{L_u}{D}\right)$$

OPERA: 0

DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D):	1.00	(m)
Carico sul palo (P):	2542.0	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	27.00	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	27.00	(m)
Modulo di Deformazione (E):	150.00	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	14	(-)
Spaziatura dei pali (s)	2.4	(m)

CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

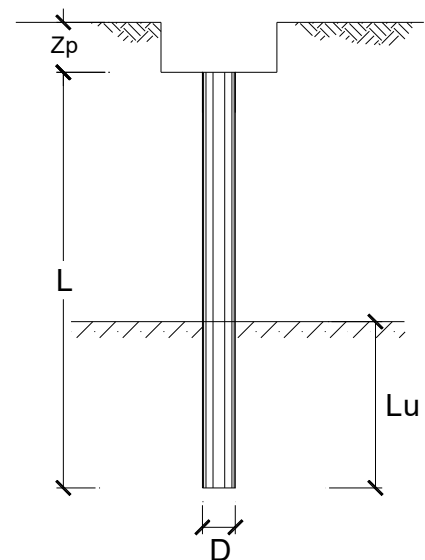
$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{\text{utile}}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{\text{utile}} / D): 1.93 \quad (-)$$

Cedimento del palo

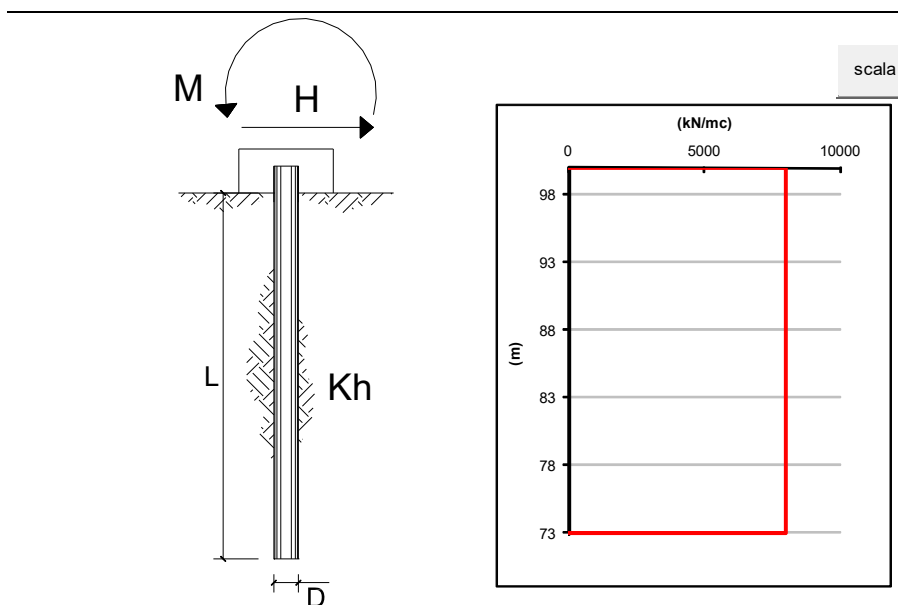
$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{\text{utile}} = 1.21 \text{ (mm)}$$



 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 92 di 102

9.4 Verifiche strutturali

Si riporta di seguito il calcolo delle sollecitazioni a cui è soggetto il palo e le relative verifica di resistenza e fessurazione.



strati terreno	descrizione	quote (m)	k_h (kN/m³)	n_h (kN/m³)
p.c.=strato 1	TRV	100.00	8000	0
☐ strato 2				
☐ strato 3				
☐ strato 4				
☐ strato 5				
☐ strato 6				

Diametro del palo 1 (m)
J palo 0.04909 (m⁴)
Lunghezza del palo 27 (m)
Forza orizzontale in testa 474 (kN)
Momento in testa 0 (kNm)
E cls 31475.8 (Mpa)
dimensione elementi 0.2 (m)

- ☒ palo impedito di ruotare
☐ palo impedito di traslare
☐ palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA

RS3U

LOTTO

40

CODIFICA

D 29 CL

DOCUMENTO

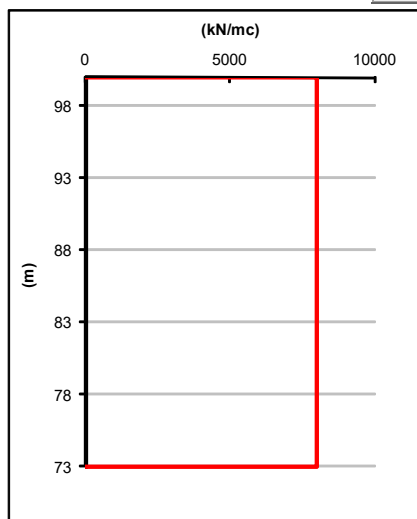
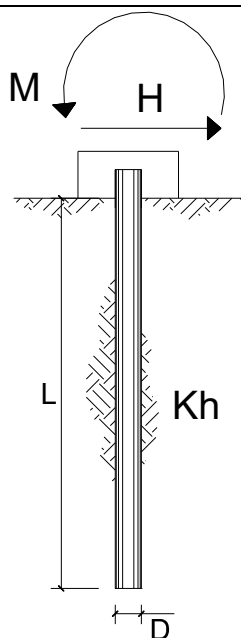
VI 53 00 001

REV.

A

FOGLIO

93 di 102



strati terreno	descrizione	quote (m)	k_h (kN/m ³)	η_h (kN/m ³)
p.c.=strato 1	TRV	100.00	8000	0
☐ strato 2				
☐ strato 3				
☐ strato 4				
☐ strato 5				
☐ strato 6				

Diametro del palo 1 (m)

J palo 0.04909 (m⁴)

Lunghezza del palo 27 (m)

Forza orizzontale in testa 321 (kN)

Momento in testa 0 (kNm)

E cls 31475.8 (Mpa)

dimensione elementi 0.2 (m)

☒ palo impedito di ruotare

☐ palo impedito di traslare

☐ palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	94 di 102

Sollecitazioni SLU			
nodo	z	M(z)	T(z)
	quota	(kNm)	(kN)
	(m)		
1	100.00	-1249.30	465.01

Sollecitazioni SLE			
nodo	z	M(z)	T(z)
	quota	(kNm)	(kN)
	(m)		
1	100.00	-846.05	314.91

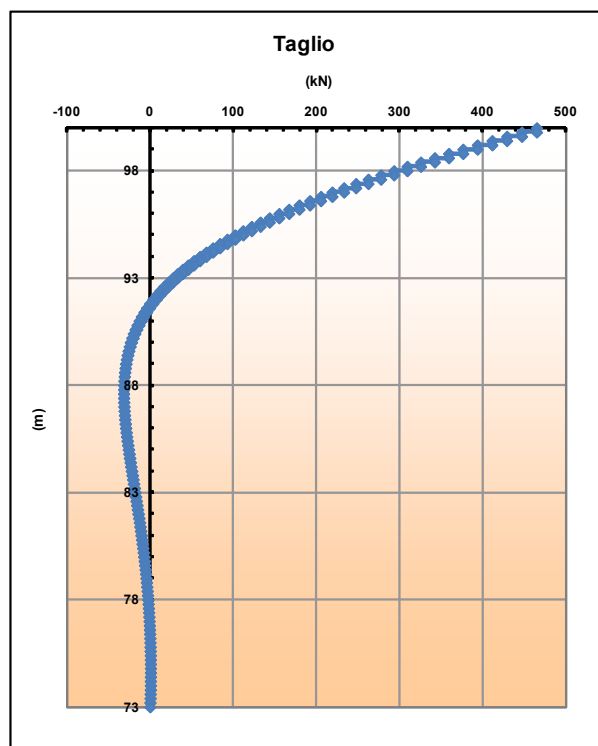
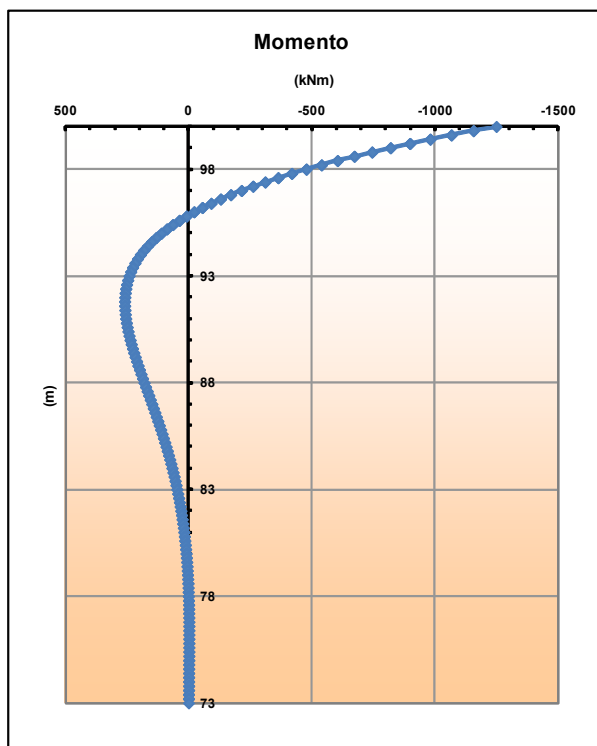


Figura 14 – Diagrammi delle sollecitazioni nella combinazione SLU peggiore

VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	95 di 102

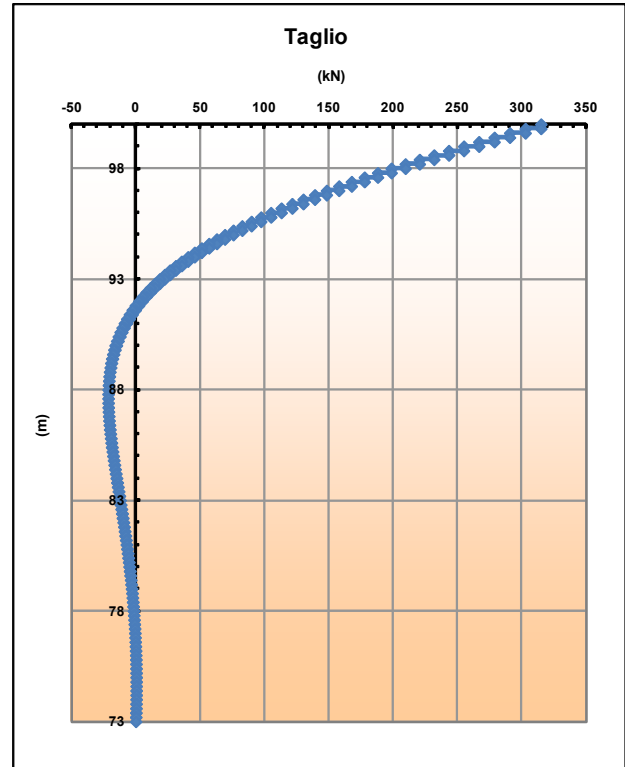
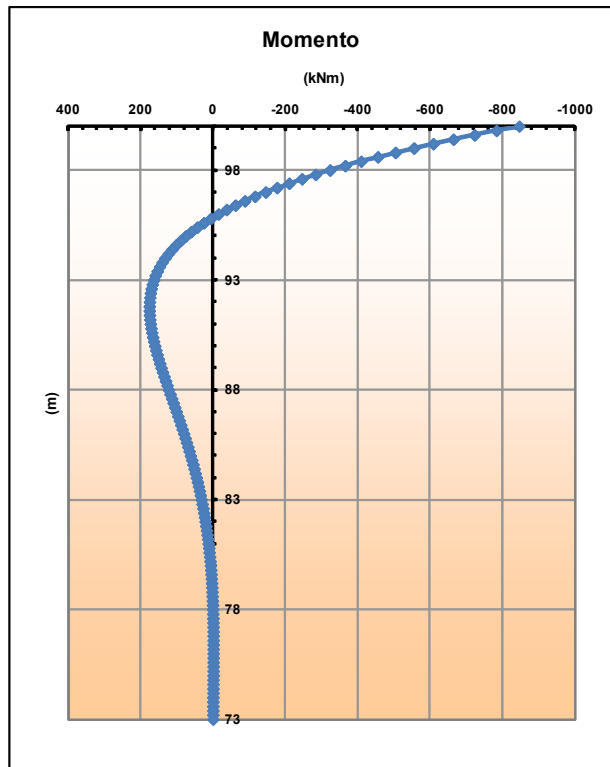


Figura 15 – Diagramma delle sollecitazioni e degli spostamenti nella combinazione SLE peggiore

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: Palo_phi1000

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	141.60	daN/cm ²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	70.80	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	314750	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	25.60	daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	150.00	daN/cm ²

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
-----------	-------	-------

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	96 di 102

Resist. caratt. a snervamento f_{yk} :	4500.0	daN/cm ²
Resist. caratt. a rottura f_{tk} :	4500.0	daN/cm ²
Resist. a snerv. di progetto f_{yd} :	3913.0	daN/cm ²
Resist. ultima di progetto f_{td} :	3913.0	daN/cm ²
Deform. ultima di progetto ϵ_{pu} :	0.068	
Modulo Elastico E_f :	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3600.0	daN/cm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	100.0	cm
Barre circonferenza:	26Ø26	(138.0 cm ²)
Coprif.(dal baric. barre):	8.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
MT	Momento torcente [daN m]			

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	254223	124930	46501	0

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

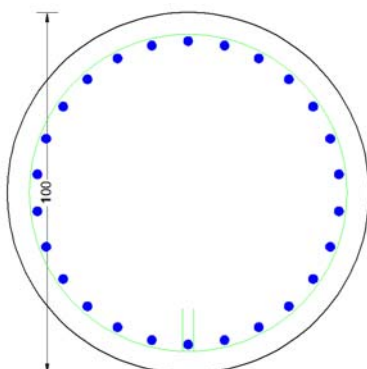
N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	

N°Comb.	N	Mx
1	179435	84605

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.5	cm
Interferro massimo barre longitudinali:	0.0	cm [deve essere < 0.0]
Copriferro netto minimo staffe:	5.5	cm



	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 97 di 102

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
As Tot.	Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	254223	124930	254253	231192	1.851	8.5	---	---	138.0 (23.6)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	50.0	0.00282	42.0	-0.00426	-42.0

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	10.0	cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	22.6	cm²/m	[Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm²/m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
Vcd	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
Vwd	Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
bw z	Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
Ctg	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro Braccio coppia interna
Acw	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Ast	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	ASt
1	S	46501	252807	56492	91.1 63.8	1.000	1.229	18.6

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm²]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm²]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	98 di 102

Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm ²]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	98.9	-50.0	0.0	50.0	-1155	42.0	20.0	1823	47.8	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $\frac{e1 + e2}{2}$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00069	0.00074		0.50	0.60	0.000347 (0.000347)	396	0.137 (990.00)	48422

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 99 di 102

11. ANALISI DI STABILITÀ DELLO SCAVO PROVVISORIO

11.1 Metodologie di calcolo

L'esame delle condizioni di stabilità è stato condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. Per la valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità globale si è impiegato il software Paratie Plus in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Sono state cautelativamente considerate ipotesi di deformazione piana. In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo di Bishop che prevede superfici di scorrimento circolari nei terreni. Nelle analisi sono state ovviamente trascurate le superfici più corticali in quanto poco significative e per le quali non risulta idonea una analisi convenzionale all'equilibrio limite.

Il coefficiente di sicurezza FS a rottura lungo la superficie di scorrimento viene definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie.

11.2 Analisi dei carichi

Cautelativamente si considera agente a monte un sovraccarico accidentale dovuto alla strada di 20 kPa.

11.2.1 Azioni sismiche

Nell'ipotesi che lo scavo necessario alla realizzazione della spalla abbia una vita di riferimento inferiore a 2 anni non viene considerata alcuna spinta sismica.

11.3 Combinazioni di calcolo e verifiche

Ai fini delle verifiche agli stati limite ultimi statici e sismici si riportano le combinazioni delle azioni riportate nelle NTC18:

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

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

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

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

I coefficienti di amplificazione dei carichi γ sono riportati a seguire.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO VI 53 00 001	REV. A	FOGLIO 100 di 102

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

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

Figura 16: Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU (Tab. 2.6.I - NTC2018).

Per le combinazioni sismiche si considera Ψ pari a 0.00 per i carichi variabili da traffico.

La verifica allo stato limite ultimo richiesta dalle NTC18 per la stabilità dei fronti di scavo e rilevati in condizioni statiche, paragrafo 6.8.2, prevede l'utilizzo della combinazione 2 A2+M2+R2 dell'approccio 1.

I coefficienti da utilizzare sono riportati nelle tabelle che seguono.

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

Figura 17: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Figura 18: Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

La verifica di stabilità in condizioni sismiche non è condotta poiché lo scavo rimane aperto per meno di due anni essendo realizzato solo a fini di cantiere.

A seguire vengono riportati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate in condizioni statiche.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) PONTI E VIADOTTI					
VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D 29 CL	VI 53 00 001	A	101 di 102

Fattori di Sicurezza	
Analisi statica (FS ≥ 1.1)	1.919

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

Proprietà analisi di stabilità dei pendii

D.S. **Base Design Section** Fase **Stage 2** Eredita le proprietà dalla Fase:

Attivo ☒

Metodo di stabilità del pendio Bishop

Definizione Superficie Critica

Massimo numero di iterazioni 100

Passo Conci 1 m

Tolleranza FS 0.0001

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo ☐

Golden Section Search ☐

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop) ☒

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.) ☐

Sisma

$a_{max} / g =$ 0.15

β 0.38 $>$ k_h 0.057

k_v -0.0285 $>$

R_u 0

Intervalli

Estremo iniziale sinistra	9 m	Estremo iniziale destra	29.25 m
Estremo finale sinistra	19 m	Estremo finale destra	50 m
Suddivisioni intervallo si	10	Suddivisioni intervallo d	20
Raggio Massimo	20 m	Numero Raggi	10

VI53 – Ponte sulla NV06 alla pk 2+268

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3U

40

D 29 CL

VI 53 00 001

A

102 di 102

