COMMITTENTE

TIMBRO

AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.p.A.

VIA BERLINO N°10 38100 TRENTO
PART. IVA 00210880225

PROGETTO

PROGETTO ESECUTIVO

RIFACIMENTO DEL SOVRAPPASSO AUTOSTRADALE N° 27 "S.C. EGNA" (PR. km 104+170) E DEL PONTE SUL FIUME ADIGE NEL COMUNE DI EGNA (BZ)

num.	data	aggiornamento	redatto	approvato
d				
c	15.03.2018	Revisione per gara	MV2	MV1
b				

CONTENUTO

RELAZIONI

RELAZIONE DI CALCOLO
PALANCOLE

PROGETTISTA:

STUDIO DI INGEGNERIA
BAUINGENIEURBÜRO

DOTT. ING. MARIO VALDEMARIN

Bressanone, via Mercato Vecchio 21 Altenmarktgasse, Brixen (BZ)
tel. 0472-835576; fax 0472-836748; studio.valdemarin@rolmail.net

TIMBRO

Progetto: dott.ing. Mario Valdemarin
Verifica strutturale: dott.ing. Vittorio Gavoni
Carpenteria costruttiva: dott.ing. Dieter Schölzhorn

data	file	redatto	approvato	scala	cod. progetto	documento
14/03/2014	03/03/E00/	DS	MV1	–	0303	1.4.9c

INDICE

1. OGGETTO 2

2. NORMATIVA 2

3. TERRENO 3

4. GEOMETRIA DELL'OPERA 4

5. PALANCOLE 5

5.1. MATERIALI 5

5.2. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE/STATICHE 5

6. MODELLO DI CALCOLO 6

7. COEFFICIENTI PARZIALI 6

8. COMBINAZIONI 7

9. SOLLECITAZIONI 8

10. SPOSTAMENTI 9

11. TABULATO DI SINTESI 10

1. OGGETTO

La relazione seguente riguarda il dimensionamento e la verifica delle palancole a protezione dello scavo delle spalle del ponte nell'ambito del progetto esecutivo per il "*Rifacimento del sovrappasso n° 27 S.C. Egna (progr. km 104+170) e del ponte sul fiume Adige nel Comune di Egna*".
Le palancole saranno progettate agli SLU e SLE per resistere, con deformazioni accettabili, alle sollecitazioni indotte da una piena centennale. Il livello dell'acqua previsto lato fiume è fissato a una quota di 220,95 m s.l.m. Il piano di scavo lato argine è posto a quota 215,85 m.

2. NORMATIVA

- D.M. 14 gennaio 2008 – *Norme Tecniche per le Costruzioni*
- Circolare 2 febbraio 2009 n° 617 – *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008*
- UNI EN 1992-1-1:2005 – *Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo*
- UNI EN 1993-1-1:2005 – *Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio*
- UNI EN 1997-1-1:2005 – *Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica*
- UNI EN 206-1:2006 – *Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità*
- UNI 11104:2004 - *Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1*

3. TERRENO

Per la determinazione della stratigrafia del terreno si farà riferimento ai risultati delle relazioni geotecniche-geologiche di progetto, originaria e integrativa, già utilizzati nel dimensionamento delle strutture di fondazione delle spalle del ponte sul fiume Adige e a cui si rimanda.

Considerato che in quel caso l'origine dell'asse verticale delle misure era rappresentata dalla quota testa pali pari a 216,00 m mentre ora è costituita dalla quota del piano di fondazione pari 215,85 m identica per entrambe le spalle, la stratigrafia del terreno al di sotto della fondazione è identificabile mediante la seguente caratterizzazione geometrico/litologica:

- SPALLA EST

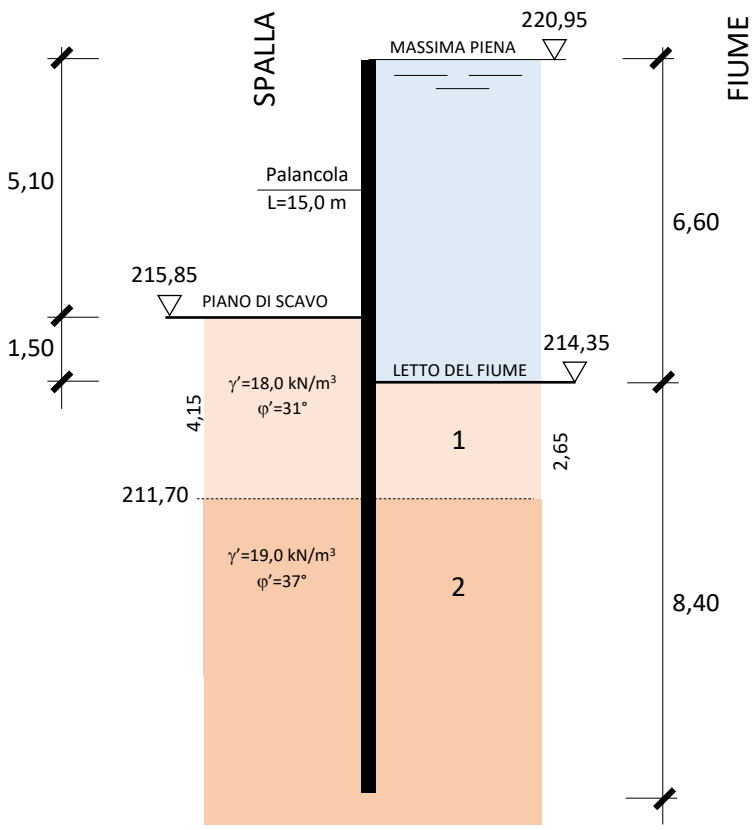
LITOLOGIA	**SPESSORE STRATO** [m]	**PESO** [kN/m^3]	**ANGOLO ATTRITO INTERNO** [°]
Materiali di copertura	4,15	18,0	28
Ghiaie sabbiose	10,00	19,0	37
Torba	3,10	11,5	0
Sabbie ghiaiose	6,30	19,0	35
Limi argillosi sabbiosi	15,60	18,0	27

- SPALLA OVEST

LITOLOGIA	**SPESSORE STRATO** [m]	**PESO** [kN/m^3]	**ANGOLO ATTRITO INTERNO** [°]
Materiali di copertura	4,16	18,0	31
Ghiaie sabbiose	8,85	19,0	37
Torba	3,24	11,5	0
Sabbia limo argilloso	2,00	18,0	28
Sabbie ghiaiose	10,46	19,0	35
Sabbia limo argilloso	10,20	18,0	25

Nel calcolo successivo si considererà la situazione più sfavorevole fra le due.

4. GEOMETRIA DELL'OPERA



Lunghezza totale della palancola = 15,0 m

Quota assoluta falda lato fiume = 220,95 m (livello di massima piena centennale)
Quota assoluta falda lato scavo = 215,85 m

Strato 1
γ = 18,00 kN/m^3 (terreno asciutto)
γ_S = 19,80 kN/m^3 (terreno saturo)
φ' = 31°

Strato 2
γ = 19,00 kN/m^3
γ_S = 20,90 kN/m^3
φ' = 37°

5. PALANCOLE

5.1. Materiali

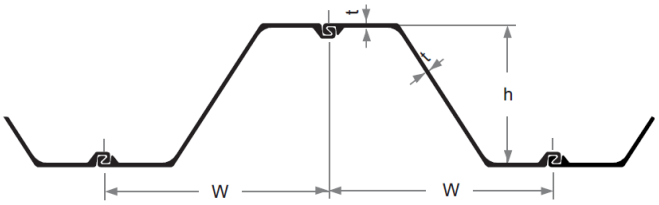
ACCIAO
Tipo: S 355
f_{yk} = 355 N/mm^2 (per s≤40 mm) – tensione caratteristica di snervamento
f_{tk} = 510 N/mm^2 (per s≤40 mm) – tensione caratteristica di rottura

5.2. Caratteristiche geometriche/statiche

Palancole tipo Hoesch 4007

HOESCH LARSSEN Z SERIES

Section	Nominal Width	Wall Depth (Height)	Web Thickness	Flange Thickness	Per Single Section					Per Unit of Wall			
					Area	Weight	Moment of Inertia	Section Modulus	Nominal Coating Area	Area	Weight	Moment of Inertia	Section Modulus
	Inch (mm)	Inch (mm)	Inch (mm)	Inch (mm)	Inch^2 (cm^2)	Pounds/Feet (kg/m)	Inch^4 (cm^4)	Inch^3 (cm^3)	Feet^2/Feet (m^2/m)	Inch^2/Feet (cm^2/m)	Pounds/Feet^2 (kg/m^2)	Inch^4/Feet (cm^4/m)	Inch^3/Feet (cm^3/m)
4007	27.56 700	19.69 500	0.748 19	0.512 13	30.43 196.3	89.3 132.9	1668.5 69450	169.50 2778	6.89 2.1	11.42 241.8	38.9 189.8	728.6 99500	74.0 3980



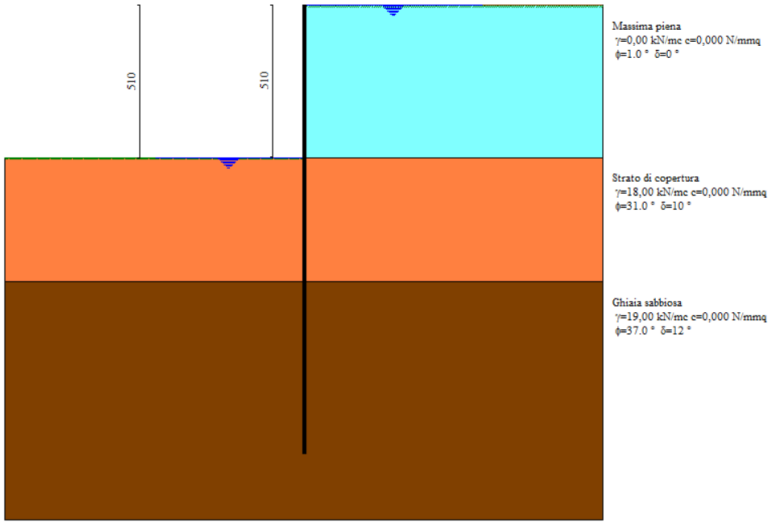
$M_{R,d}$ = 3980x10^{3}x355/1,05 = 1.345.620.000 Nmm = 1.345,60 kNm
(momento resistente di calcolo SLU in campo elastico)
γ_M = 1,05 (coefficiente di sicurezza per l'acciaio)

6. MODELLO DI CALCOLO

La struttura è stata analizzata e risolta utilizzando il software *PAC 10.0* commercializzato dalla società *Aztec Informatica* di Cosenza.

Di seguito si riporta lo schema di calcolo semplificato utilizzato nell'analisi.

Il tabulato sintetico dell'elaborazione è allegato alla fine della presente relazione.



Si è considerata l'influenza dell'attrito terreno/paratie pari a $\delta=\phi/3$, sia nei riguardi della spinta attiva che passiva.

7. COEFFICIENTI PARZIALI

La situazione considerata si considera di tipo <u>eccezionale</u>. I coefficienti parziali utilizzati per le azioni sono quindi conseguenti. Le sollecitazioni allo SLU per condizioni ordinarie risultano inferiori.

Le verifiche sono state condotte secondo l'Approccio 1 considerando le seguenti combinazioni di coefficienti:

- combinazione 1: (A1+M1+R1)

- combinazione 2: (A2+M2+R1)

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00	1,00	1,00

Coeff. di combinazione Ψ_0 0,70 Ψ_1 0,50 Ψ_2 0,20

Azioni - N.T.C. 2008 | Parametri geotecnici - N.T.C. 2008 | Tiranti - N.T.C. 2008 | Altro

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi')}$	1,00	1,25	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00	1,00	1,00

Coeff. di combinazione Ψ_0 0,70 Ψ_1 0,50 Ψ_2 0,20

8. COMBINAZIONI

Sono state generate le seguenti combinazioni, 2 allo SLU e 3 allo SLE (rara-frequente-quasi permanente).

Combinazioni generate

Comb n°	Caso	Sisma orizzontale	Sisma verticale	Tipo
1	A1-M1	Assente	--	Sfavorevole
2	A2-M2	Assente	--	Sfavorevole
3	SLEQ	Assente	--	Sfavorevole
4	SLEF	Assente	--	Sfavorevole
5	SLER	Assente	--	Sfavorevole

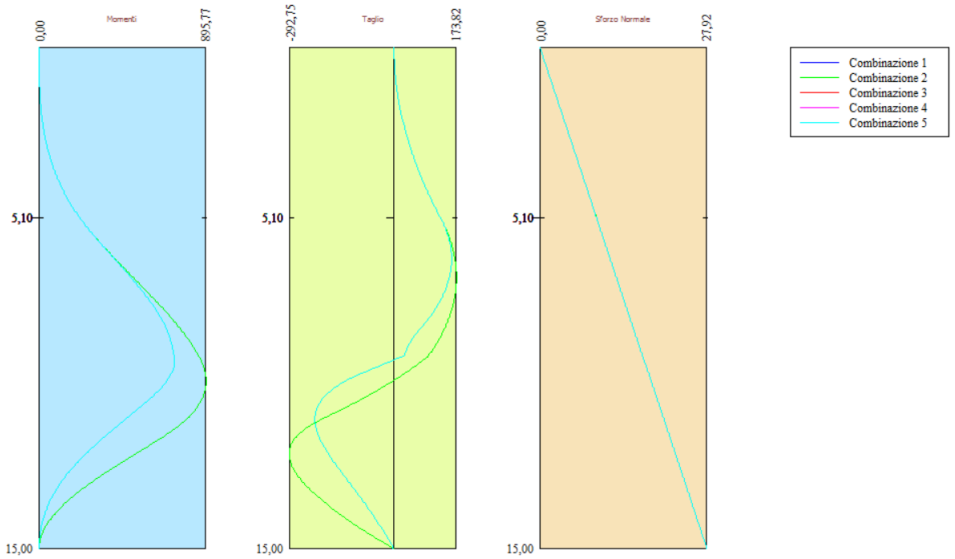
Elimina combinazione | Elimina combinazioni uguali

Condizioni della combinazione

N°	Nome cond.	ψ	γ	$\psi*\gamma$
1	Spinta terreno	1.00	1,30	1,30

9. SOLLECITAZIONI

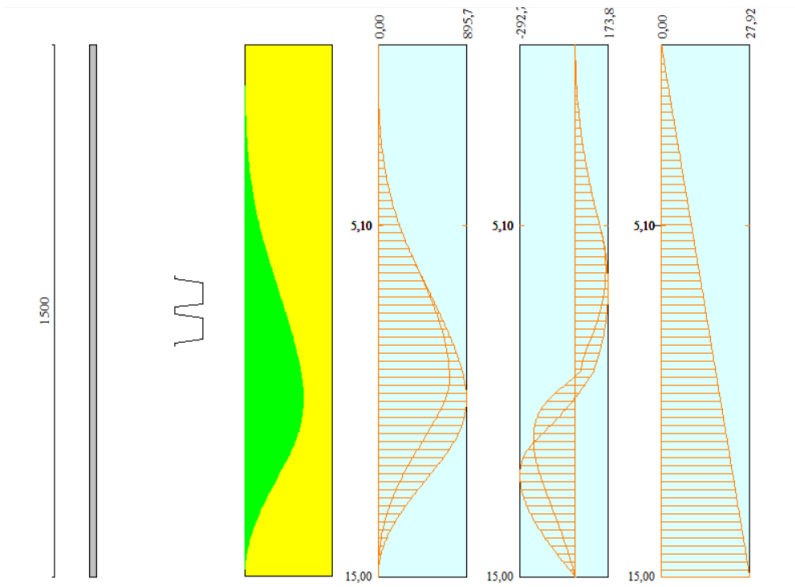
Di seguito l'inviluppo delle sollecitazioni corrispondenti alle cinque combinazioni considerate [kN, m].



$M_{Sd,max}$ = 895,77 kNm/m (combinazione 2)
N_{Sd} = 18,61 kN/m

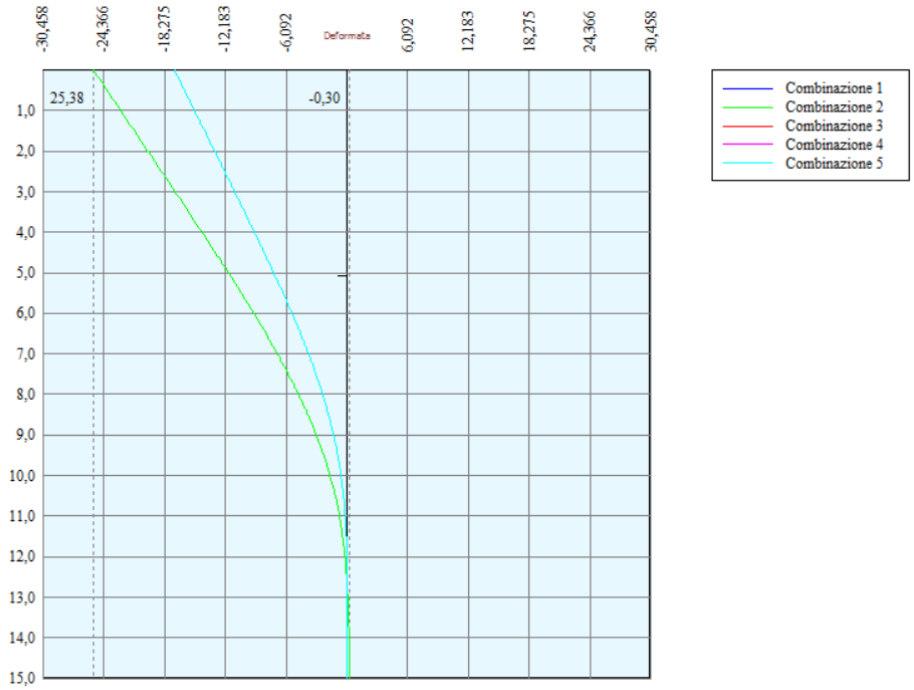
$\sigma_{s,max}$ = 18,61x10^3/241,8x10^2 + 895,77x10^6/3980x10^3 = 0,77+225,07 =
= 225,84 N/mm^2 < 355/1,05 = 338,10 N/mm^2

Sfruttamento della resistenza misurato lungo la palancola:



10. SPOSTAMENTI

Di seguito l'inviluppo delle deformazioni corrispondenti alle cinque combinazioni considerate [cm].



Lo spostamento in sommità per le combinazioni allo SLE è pari a 17,3 cm.

11. TABULATO DI SINTESI

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia in acciaio con parametri definiti a metro di paratia**

Altezza fuori terra	5,10	[m]
Profondità di infissione	9,90	[m]
Altezza totale della paratia	15,00	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]

Area per metro lineare di larghezza	241,80	[cmq]
Inerzia per metro lineare di larghezza	99500,00	[cm^4]
Modulo di resistenza per metro lineare di larghezza	3970,00	[cm^3]
Momento ultimo della sezione per metro lineare di larghezza	1345,6000	[kNm]
Fattore di taglio	1.20	

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]
ϕ	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [N/mmq]

n°	Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c
1	Massima piena	0,0010	10,0000	1,00	0,00	0,0000
2	Strato di copertura	18,0000	19,8000	31,00	10,33	0,0000
3	Ghiaia sabbiosa	19,0000	20,9000	37,00	12,33	0,0000

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in $Kg/cm^2/cm$
α	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)
Terreno	Terreno associato allo strato

n°	sp	α	kw	Terreno
1	5,10	0,00	0,00	Massima piena
2	4,15	0,00	0,71	Strato di copertura
3	8,00	0,00	3,87	Ghiaia sabbiosa

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia	0,00	[m]
Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia	5,10	[m]
Regime delle pressioni neutre:	**Idrostatico**	

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta Ka e Kp che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

Spinta

Spinta massima	Pa =	2,44	[kN]	Y =	3,40	[m]
Spinta della falda	Pw =	622,68	[kN]	Y =	8,69	[m]
Resistenza passiva	Pp =	-786,33	[kN]	Y =	9,79	[m]
Controspinta	Pc =	161,22	[kN]	Y =	14,13	[m]

Sollecitazioni

M	**Y_M**	**T**	**Y_T**	**N**	**Y_N**	
895,77	10,00	173,82	6,85	27,92	15,00	MAX
0,00	0,00	-292,75	12,15	0,00	0,00	MIN

Spostamenti

U	**Y_U**	**V**	**Y_V**	
25,3815	0,00	0,0042	0,00	MAX
-0,3035	15,00	0,0000	0,00	MIN

Stabilità globale

Raggio del cerchio critico	R =	15,00	[m]
Centro del cerchio critico		(0,00; 0,00)	
Intersezione cerchio-pendio a valle		(-14,11; -5,08)	
Intersezione cerchio-pendio a monte		(15,00; 0,00)	
Fattore di sicurezza	FS =	1.78	

Verifiche strutturali paratia

Ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo	Y =	10,00	[m]
Momento ultimo	Mu =	1345,60	[kNm]
Sforzo normale ultimo	Nu =	0,00	[kN]
Fattore di sicurezza della sezione	FS =	1.50	

Tensione di compressione massima	σ_{fc} =	183,361	[N/mmq]	Y =	9,40	[m]
Tensione di trazione massima	σ_{ft} =	1,135	[N/mmq]	Y =	14,95	[m]
Tensione ideale	σ_{id} =	183,364	[N/mmq]	Y =	9,40	[m]
Tensione tangenziale massima	τ_f =	10,984	[N/mmq]	Y =	11,10	[m]