



ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

PA17/08

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121

Bolognetta S.c.p.a.

Contraente Generale:
Ing. Pierfrancesco Paglini

Il Responsabile Ambientale:
Ing. Claudio Lamberti

- PERIZIA DI VARIANTE N.1 -

BOLOGNETTA S.c.p.a.

Titolo elaborato:

MODIFICA TECNICA N. 149

OPERE D'ARTE - NUOVI PONTI

NUOVO PONTE SU T. FRATTINA E SVINCOLO MEZZOJUSO

Relazione descrittiva e di calcolo della modifica tecnica n. 149

Codice Unico Progetto (CUP) : F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	PE	PN 5	RT 0 1	5	0

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:
0 7	PEPN5RT01_50_4137.dwg	1=1	4 1 3 7	Relazione
5				
4				
3				
2				
1				
0	PRIMA EMISSIONE		Novembre 2015	D.Storai S. Fortino D. Tironi
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDDATTO VERIFICATO APPROVATO

A.T.I. Progettisti :

Capogruppo:

Mandante:

POLITECNICA

INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Viale Amendola, 6 - 50121 Firenze
tel 055/2001660 fax 055/2344856
e-mail poliff@politecnica.it

ACS ingegneri

Via Catani, 28/c - 59100 Prato
tel 0574.527864 fax 0574.568066
E-mail acs@acsingegneri.it

Il Progettista Responsabile
Ing. Alberto Antonelli



Il Geologo
dott. Pietro Accolti Gil



Il Coordinatore per la Sicurezza
in fase di esecuzione:
Ing. Francesco Cocciantè

Il Coordinatore per la sicurezza
in fase di Esecuzione
Ing. Francesco Cocciantè

Il Direttore dei Lavori:
Ing. Sandro Favero

Il Direttore dei Lavori
Ing. Sandro Favero

ANAS S.p.A.

DATA: _____ PROTOCOLLO: _____

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

CODICE PROGETTO **L O 4 1 0 C E 1 1 0 1**

Dott. Ing. Ettore de Cesbron de la Grennelais

Sommario

1	Premessa	3
2	Modifica costruttiva	3
3	Normativa di riferimento.....	5
4	Pali di fondazione	6
4.1	Risultati delle analisi Spalla 2.....	8
4.2	Capacità portante	10
4.2.1	Curva di capacità portante del palo a compressione	10
4.2.2	Curva di capacità portante del palo a trazione.....	13
5	Platea di fondazione	16
6	Muro frontale della spalla	18
7	Muri di risvolto	28
8	Paraghiaia	29
9	Modifica alla Regimazione Fluviale n.°9 – Vallone Frattina	30
10	Conclusioni	33
11	Output modellazione idraulica Vallone Frattina – Tratto interessato da modifiche	34
11.1	Profilo longitudinale di progetto (tratto interessato da modifiche)	34
11.2	Sezioni di progetto (tratto interessato da modifiche).....	34

1 Premessa

La presente Relazione ha lo scopo di illustrare le modifiche, rese necessarie per ragioni di carattere operativo nella presente fase di cantiere, alla quota di intradosso della platea di fondazione della spalla 2 del Nuovo ponte sul Torrente Frattina – Svincolo Mezzojuso. Nei successivi paragrafi si riporta la descrizione delle modifiche apportate al P.E.A., e le valutazioni analitiche e di calcolo a supporto della modifica tecnica operata nella presente fase di PED.

2 Modifica costruttiva

Durante le attività di cantierizzazione dell'opera in oggetto, è stata riscontrata la difficoltà operativa nell'eseguire lo scavo della spalla 2. In particolare, secondo quanto previsto nel P.E.A., la quota di intradosso della platea di fondazione della spalla 2 risulta pari a 371,28 m ed è tale da comportare l'esecuzione di uno scavo con un'altezza di circa 7 m per poter realizzare l'opera. Al fine di limitare l'altezza del fronte scavo, si prevede di portare la quota di intradosso fondazione della platea a 373,53 m, innalzandola di 2,25 m. Con la modifica proposta rimangono inalterate le caratteristiche geometriche e le armature dell'intera spalla 2 previste nel P.E.A., ad eccezione delle altezze del muro frontale e dei muri di risvolto, che si riducono di 2,25 m, con la conseguente rimodulazione delle dimensioni delle rispettive armature. Per i pali di fondazione si prevede un allungamento degli stessi in funzione della nuova quota di intradosso della platea di fondazione (373,53 m).

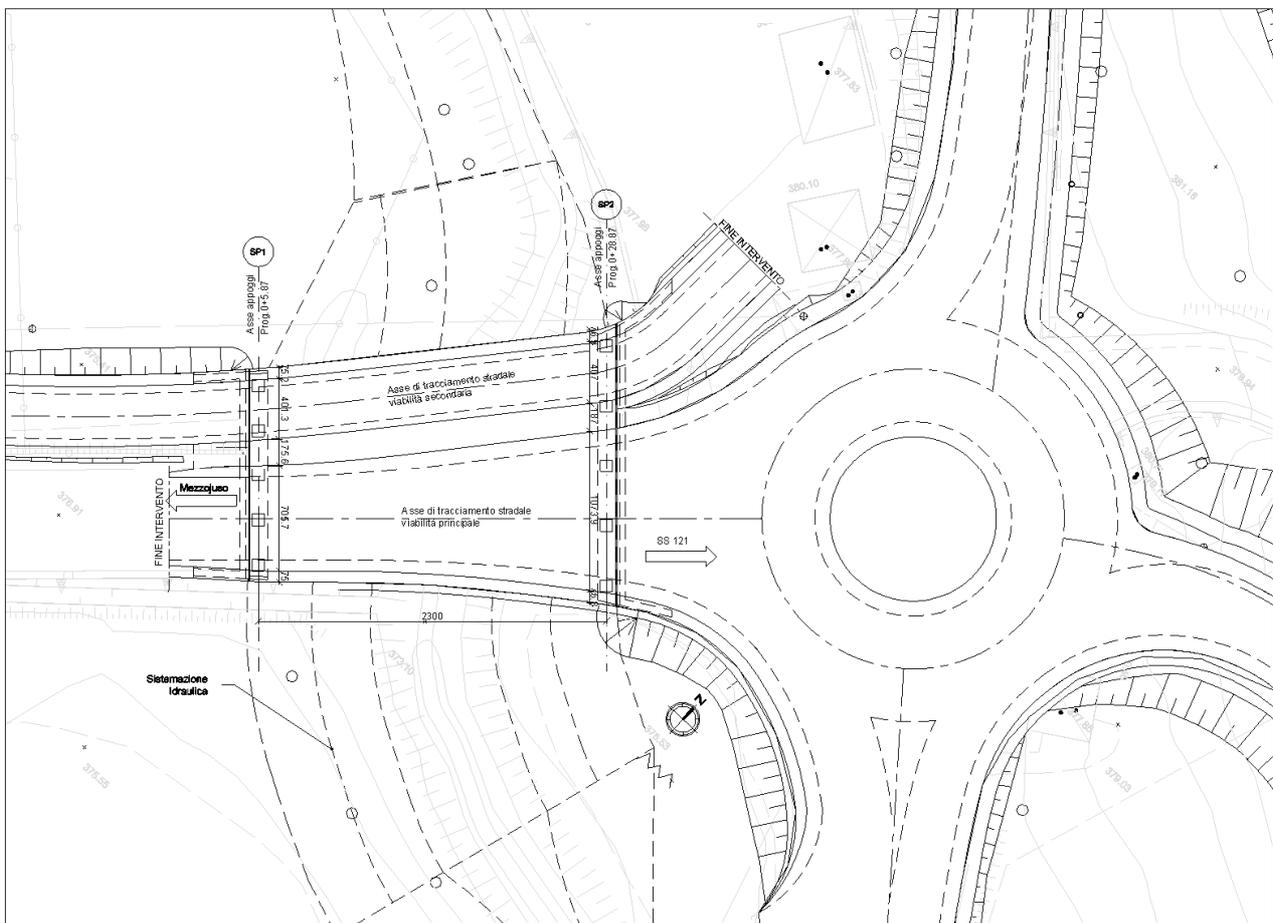


Figura 1 – Planimetria di inquadramento dell'opera (configurazione da PEA)

MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo

In seguito alla modifica geometrica della spalla 2, si rende necessario, inoltre, una rettifica della sistemazione fluviale dell'alveo del Torrente Frattina, prevista nel P.E.A., la cui descrizione tecnica e le relative verifiche di fattibilità e di sicurezza vengono espone nel proseguo della nota.

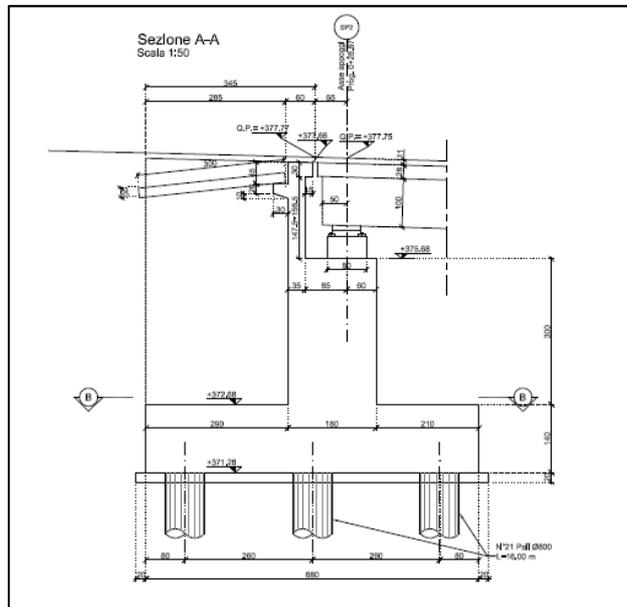


Figura 2 - Sezione carpenteria spalla 2 (configurazione da P.E.A.)

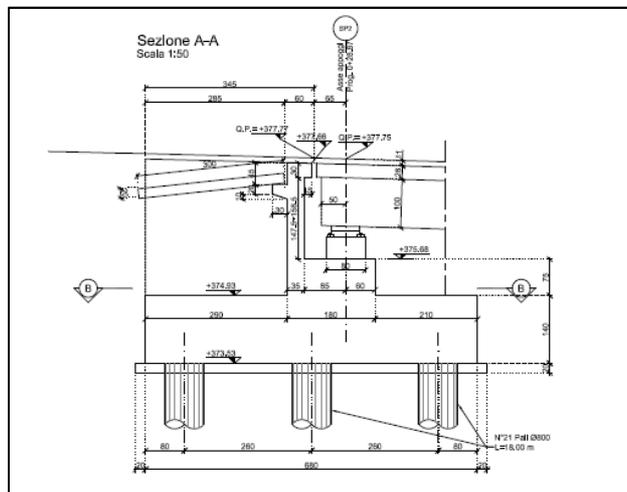


Figura 3 - Sezione carpenteria spalla 2 (configurazione modificata)

Per dimensionare e verificare la nuova struttura dell'intera spalla 2, opportunamente modificata, sono state determinate le caratteristiche di sollecitazione elementari generate dalla sola spalla, variate rispetto a quelle riportate nella relazione di calcolo dell'intervento di P.E.A (elaborato PEPN5RC01_31_4137), per effetto della riduzione di altezza del muro frontale e dei muri di risvolto della spalla 2. Le azioni elementari dell'impalcato sul piano appoggi della spalla S2 sono state assunte direttamente dalla relazione di calcolo di P.E.A (elaborato PEPN5RC01_31_4137). Successivamente è stato, quindi, possibile combinare le azioni elementari determinando le quintuple di sollecitazioni risultanti all'intradosso fondazione, riferite al baricentro della palificata di progetto. Tali sollecitazioni risultano necessarie ai fini del calcolo, delle azioni

sollecitanti i pali di fondazione, eseguito mediante un modello 3D analogamente a quanto indicato nella relazione di calcolo di P.E.A e, quindi, per la verifica degli stessi e della platea di fondazione.

3 Normativa di riferimento

I calcoli sono stati eseguiti in accordo alle seguenti disposizioni normativo-tecniche.

Legge n. 1086 del 05.11.1971 – Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ad a struttura metallica.

Legge n. 64 del 02.02.1974 – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche

DM 14.02.2008 Norme tecniche per le costruzioni

Poiché al Cap. 12 del DM 2008 viene riportato che gli Eurocodici sono da ritenersi coerenti con i principi alla base della stessa normativa, nella progettazione e nelle verifiche di calcolo si è tenuto conto anche di:

UNI-EN 1992 – Eurocodice 2: progettazione strutture in calcestruzzo

UNI-EN 1998 – Eurocodice 8: progettazione strutture in zona sismica

4 Pali di fondazione

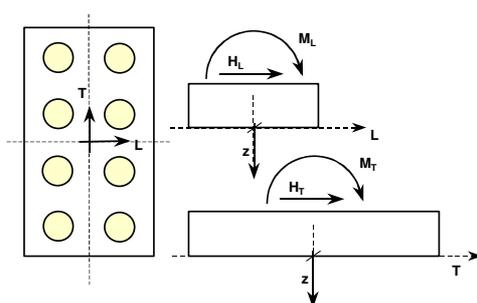
Come brevemente accennato in precedenza, il calcolo delle azioni agenti sulle palificate è stato condotto secondo quanto indicato nell'elaborato di P.E.A. codificato come PEGTRT03_31_4137 ("*Relazione di calcolo portanza pali*"), considerando le fondazioni come costituite dai pali incastrati in testa nel plinto, quest'ultimo assimilato ad un corpo infinitamente rigido. I valori massimi delle sollecitazioni agenti su ciascun palo e gli spostamenti della fondazione, causati dai carichi applicati, sono stati determinati con il codice di calcolo MAP.

Lo studio dell'interazione tra il palo, soggetto ai carichi orizzontali, ed il terreno è effettuato ricorrendo alla teoria di Matlock e Reese, che si basa sul noto modello di suolo alla Winkler (elastico-lineare), caratterizzato da un modulo di reazione orizzontale del terreno E_{mr} . Nel caso in esame, si assume un modulo di reazione orizzontale variabile, in funzione della profondità, secondo questa legge

Prof. m	E kN/m ²
.00	22500.0
7.00	30000.0
7.05	60000.0
11.50	60000.0
11.55	60000.0
20.00	120000.0
20.05	120000.0
35.00	120000.0

Il sistema di riferimento è orientato con l'asse X = L in direzione longitudinale e l'asse Y = T in direzione trasversale, mentre l'asse Z è positivo verso l'alto.

La convenzione di segno è schematicamente illustrata nella figura di seguito.



MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo

Condizioni di carico		Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm
Peso proprio	G1	0.00	0.00	-1745.14	3.94	1221.60
Permanenti	G2	0.00	0.00	-604.57	-175.20	423.20
Mobili caratt.	Q1k_1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q1k_2	0.00	0.00	-1004.25	-5807.98	702.98
	Q1k_3	0.00	0.00	-1842.23	-3743.70	1289.56
	Q1k_4	0.00	0.00	-1647.09	8282.14	1152.96
Mobili frequ.	Q1fr_1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q1fr_2	0.00	0.00	-606.26	-3527.64	424.38
	Q1fr_3	0.00	0.00	-1145.99	-2297.59	802.19
	Q1fr_4	0.00	0.00	-1067.90	5374.03	747.53
Frenamento	Q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento Scarico	Q5SCAR	0.00	28.66	0.00	-164.13	0.00
Vento carico	Q5CAR	0.00	74.14	0.00	-541.45	0.00
Attrito	Q7	70.49	0.00	0.00	0.00	352.46
Sisma	Q6x	0.00	-25.88	229.01	259.46	-160.31
	Q6y	0.00	508.53	-5.67	-3133.17	3.97
	Q6z	0.00	3.08	178.22	-57.50	-124.75

Figura 4 – Azioni elementari dell'impalcato sul piano appoggi spalla S2 (estratto da elaborato PEPN5RC01_31_4137)

Condizioni di carico		Combinazione	F _x (kN)	F _y (kN)	F _z (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
Peso proprio e Perm.	g1,str	STR	0.00	0.00	-14852.78	-4939.98	-8814.59
Spinte	g2,str	STR	3700.00	0.00	0.00	0.00	5756.63
Peso proprio e Perm.	g1,geo	GEO	0.00	0.00	-14852.78	-4939.98	-8814.59
Spinte	g2,geo	GEO	3423.85	0.00	0.00	0.00	7190.07
Carico stradale a tergo	q1,str	STR	1305.36	0.00	-1961.33	1059.12	816.85
Carico stradale a tergo	q1,geo	GEO	1413.02	0.00	-1699.82	917.90	1595.31
Sismica	q6,x	Sismica lungo X	4322.85	0.00	0.00	0.00	11629.82
Sismica	q6,y	Sismica lungo Y	0.00	2882.63	0.00	-7093.10	0.00
Sismica	q6,z	Sismica lungo Z	0.00	0.00	-1441.31	-479.38	-855.37

Figura 5 – Azioni elementari generate dalla spalla S2 ad intradosso platea di fondazione (configurazione da PEA)

Condizioni di carico		Combinazione	F _x (kN)	F _y (kN)	F _z (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)
Peso proprio e Perm.	g1,str	STR	0.00	0.00	-10359.08	-1660.45	-4739.25
Spinte	g2,str	STR	1132.86	0.00	0.00	0.00	1529.37
Peso proprio e Perm.	g1,geo	GEO	0.00	0.00	-10359.08	-1660.45	-4739.25
Spinte	g2,geo	GEO	1414.96	0.00	0.00	0.00	1910.19
Carico stradale a tergo	q1,str	STR	559.44	0.00	-1307.55	706.08	-1063.82
Carico stradale a tergo	q1,geo	GEO	698.74	0.00	-1307.55	706.08	-781.73
Sismica	q6,x	Sismica lungo X	2605.69	0.00	0.00	0.00	4301.17
Sismica	q6,y	Sismica lungo Y	0.00	2010.49	0.00	-3095.90	0.00
Sismica	q6,z	Sismica lungo Z	0.00	0.00	-1005.25	-161.13	-459.90

Figura 6 – Azioni elementari generate dalla spalla S2 ad intradosso platea di fondazione (configurazione modificata)

Le azioni elementari, trasmesse dall'impalcato e generate dalla spalla 2, illustrate nelle precedenti tabelle vengono combinate tra loro, secondo le prescrizioni di normativa, determinando le quintuple di sollecitazioni risultanti all'intradosso platea di fondazione, con le quali si determinano le azioni sui pali. Si riportano in seguito i risultati ottenuti in termini di sollecitazioni a testa palo, con le sollecitazioni maggiori per la spalla 2 nelle diverse combinazioni.

4.1 Risultati delle analisi Spalla 2

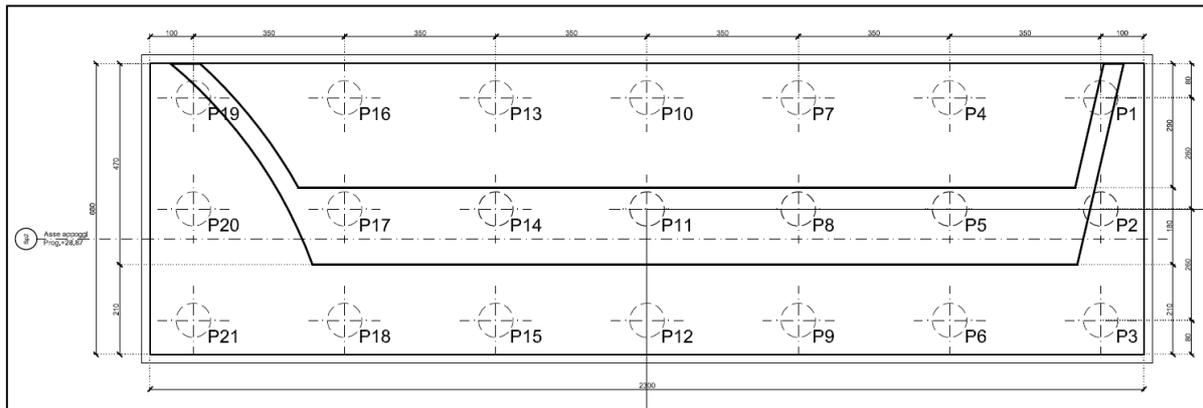


Figura 7 - pianta di riferimento palificata di fondazione

SP2_GEO

sollecitazioni massime in sommità ai pali

	Fz kN	M kN*m	T kN	palo	c.d.c.
S.1	970.6	199.5	130.3	21	20
S.2	469.9	139.7	92.0	19	13
S.3	604.4	202.7	130.3	1	16
S.4	604.4	202.7	130.3	1	16
T.1	970.6	199.5	130.3	21	20
T.2	539.3	200.7	130.3	19	18

S.1: cond. di carico con Sforzo Normale Massimo
SP2 - GEO_2a

S.2: cond. di carico con Sforzo Normale Minimo
SP2 - GEO_2a

S.3: cond. di carico con Momento Massimo
SP2 - GEO_2a

S.4: cond. di carico con Taglio Massimo
SP2 - GEO_2a

T.1: cond. di carico con Tensione Massima (sez. interamente reagente)
SP2 - GEO_2a

T.2: cond. di carico con Tensione Minima (sez. interamente reagente)
S2 - GEO_2a

SP2_SLU

Sollecitazioni massime in sommità ai pali

	Fz kN	M kN*m	T kN	palo	c.d.c.
S.1	1174.9	190.5	122.0	21	20
S.2	471.7	130.4	86.0	19	51
S.3	887.2	194.2	122.0	1	16
S.4	887.2	194.2	122.0	1	16
T.1	1174.9	190.5	122.0	21	20
T.2	570.9	189.2	122.0	19	56

S.1: cond. di carico con Sforzo Normale Massimo
SP2 - STR_2a

S.2: cond. di carico con Sforzo Normale Minimo
SP2 - STR_2a

S.3: cond. di carico con Momento Massimo
SP2 - STR_2a

S.4: cond. di carico con Taglio Massimo
SP2 - STR_2a

T.1: cond. di carico con Tensione Massima (sez. interamente reagente)
SP2 - STR_2a

T.2: cond. di carico con Tensione Minima (sez. interamente reagente)
SP2 - STR_2a

SP2_SLV

Sollecitazioni massime in sommità ai pali

	Fz kN	M kN*m	T kN	palo	c.d.c.
S.1	897.1	67.4	41.1	1	48
S.2	306.8	272.4	181.4	19	5
S.3	370.5	274.2	181.9	1	7
S.4	336.4	273.4	181.9	1	3
T.1	874.1	273.2	181.4	3	1
T.2	306.8	272.4	181.4	19	5

S.1: cond. di carico con Sforzo Normale Massimo
SP2 - SISM Z_a

S.2: cond. di carico con Sforzo Normale Minimo
SP2 - SISM X_a

S.3: cond. di carico con Momento Massimo
SP2 - SISM X_a

S.4: cond. di carico con Taglio Massimo
SP2 - SISM X_a

T.1: cond. di carico con Tensione Massima (sez. interamente reagente)
SP2 - SISM X_a

T.2: cond. di carico con Tensione Minima (sez. interamente reagente)
SP2 - SISM X_a

4.2 Capacità portante

Nel presente paragrafo si riporta la verifica di capacità portante a carichi verticali dei pali della Spalla 2, a seguito dell'innalzamento della quota di fondazione a p.c..

Nella seguente tabella vengono riassunti i parametri utilizzati per il dimensionamento dei pali di fondazione.

Unità	Profondità	Prof. falda	Prof. Testa palo	γ	c_u	$\tau_{us,max}$	Q_{bl}	q_{ub}	τ_i
	[m]								
LSA	0.0 ÷ 7.0	0.0	0.0 (Sp.2)	20.0	75 → 100	100		9 $c_u + \gamma h$	$\tau_i = \alpha \cdot c_{ui}$
LSA	7.0 ÷ 11.5			20.0	200	100			
AG	11.5 ÷ 20.0			20.5	200 → 400	120		9 $c_u + \gamma h$	$\tau_i = \beta \cdot \sigma'_v$
AG	> 20.0			20.5	400	120	4500		

γ = peso dell'unità di volume

c_u = coesione non drenata

$\tau_{us,max}$ = tensione tangenziale ultima massima

q_{ub} = pressione ultima di base

β = coefficiente empirico

Il calcolo della capacità portante è stato condotto con il codice "PAL" sviluppato per lo scopo dall'Ing. G. Guiducci. Nelle seguenti tabelle, in funzione della lunghezza del palo, sono riportati rispettivamente per pali di diametro $D = 800$ mm, la portata laterale limite Q_{ll} , la portata di base limite Q_{bl} , il peso efficace del palo W_p , la portata totale limite Q_u , la portata di progetto Q_d . Per le verifiche si rimanda alla relazione di calcolo dell'opera d'arte.

4.2.1 Curva di capacità portante del palo a compressione

Curva di capacità portante combinazione A1+M1+R1, palo $\phi=800$ mm

Lp m	Q _{ll} kN	Q _{bl} kN	w _p kN	Q _u kN	Q _d kN
5.00	173.	420.	13.	580.	336.
5.50	209.	428.	14.	623.	361.
6.00	249.	436.	15.	670.	388.
6.50	292.	444.	16.	720.	417.
7.00	339.	452.	18.	773.	448.
7.50	389.	538.	19.	908.	526.
8.00	442.	623.	20.	1046.	607.
8.50	499.	709.	21.	1187.	689.
9.00	560.	794.	23.	1331.	774.
9.50	624.	880.	24.	1480.	860.
10.00	691.	965.	25.	1631.	949.
10.50	762.	1010.	26.	1746.	1016.
11.00	836.	1015.	28.	1824.	1062.
11.50	914.	1020.	29.	1906.	1109.
12.00	995.	1079.	30.	2044.	1190.
12.50	1080.	1137.	31.	2186.	1273.
13.00	1169.	1196.	33.	2332.	1358.
13.50	1261.	1254.	34.	2481.	1445.
14.00	1357.	1312.	35.	2634.	1535.
14.50	1456.	1371.	36.	2790.	1626.
15.00	1559.	1429.	38.	2951.	1720.
15.50	1666.	1487.	39.	3114.	1816.
16.00	1776.	1546.	40.	3282.	1914.
16.50	1890.	1604.	41.	3453.	2014.
17.00	2008.	1663.	43.	3628.	2116.
17.50	2129.	1721.	44.	3806.	2221.
18.00	2254.	1779.	45.	3988.	2327.
18.50	2382.	1838.	46.	4174.	2436.

MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo

19.00	2514.	1896.	48.	4363.	2547.
19.50	2650.	1954.	49.	4556.	2660.
20.00	2790.	2013.	50.	4752.	2775.
20.50	2933.	2018.	52.	4899.	2861.
21.00	3079.	2023.	53.	5049.	2949.
21.50	3229.	2028.	54.	5203.	3038.
22.00	3380.	2033.	55.	5358.	3129.
22.50	3531.	2039.	57.	5513.	3219.
23.00	3681.	2044.	58.	5667.	3310.
23.50	3832.	2049.	59.	5822.	3400.
24.00	3983.	2054.	60.	5977.	3491.
24.50	4134.	2059.	62.	6131.	3581.
25.00	4285.	2064.	63.	6286.	3672.
25.50	4435.	2069.	64.	6441.	3762.
26.00	4586.	2075.	65.	6595.	3853.
26.50	4737.	2080.	67.	6750.	3943.
27.00	4888.	2085.	68.	6905.	4034.
27.50	5039.	2090.	69.	7060.	4124.
28.00	5189.	2095.	70.	7214.	4215.
28.50	5340.	2100.	72.	7369.	4305.
29.00	5491.	2105.	73.	7524.	4396.
29.50	5642.	2111.	74.	7678.	4486.
30.00	5793.	2116.	75.	7833.	4577.

Curva di capacità portante combinazione A2+M1+R2, palo $\phi=800$ mm

Lp m	Q1l kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
5.00	173.	420.	13.	580.	203.
5.50	209.	428.	14.	623.	219.
6.00	249.	436.	15.	670.	237.
6.50	292.	444.	16.	720.	256.
7.00	339.	452.	18.	773.	276.
7.50	389.	538.	19.	908.	325.
8.00	442.	623.	20.	1046.	375.
8.50	499.	709.	21.	1187.	426.
9.00	560.	794.	23.	1331.	479.
9.50	624.	880.	24.	1480.	533.
10.00	691.	965.	25.	1631.	589.
10.50	762.	1010.	26.	1746.	632.
11.00	836.	1015.	28.	1824.	662.
11.50	914.	1020.	29.	1906.	694.
12.00	995.	1079.	30.	2044.	746.
12.50	1080.	1137.	31.	2186.	799.
13.00	1169.	1196.	33.	2332.	854.
13.50	1261.	1254.	34.	2481.	910.
14.00	1357.	1312.	35.	2634.	968.
14.50	1456.	1371.	36.	2790.	1027.
15.00	1559.	1429.	38.	2951.	1088.
15.50	1666.	1487.	39.	3114.	1150.
16.00	1776.	1546.	40.	3282.	1214.
16.50	1890.	1604.	41.	3453.	1279.
17.00	2008.	1663.	43.	3628.	1345.
17.50	2129.	1721.	44.	3806.	1413.
18.00	2254.	1779.	45.	3988.	1483.
18.50	2382.	1838.	46.	4174.	1554.
19.00	2514.	1896.	48.	4363.	1626.
19.50	2650.	1954.	49.	4556.	1700.
20.00	2790.	2013.	50.	4752.	1776.
20.50	2933.	2018.	52.	4899.	1834.
21.00	3079.	2023.	53.	5049.	1894.
21.50	3229.	2028.	54.	5203.	1955.
22.00	3380.	2033.	55.	5358.	2017.
22.50	3531.	2039.	57.	5513.	2078.
23.00	3681.	2044.	58.	5667.	2140.
23.50	3832.	2049.	59.	5822.	2201.
24.00	3983.	2054.	60.	5977.	2263.
24.50	4134.	2059.	62.	6131.	2325.
25.00	4285.	2064.	63.	6286.	2386.
25.50	4435.	2069.	64.	6441.	2448.
26.00	4586.	2075.	65.	6595.	2509.

MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo

26.50	4737.	2080.	67.	6750.	2571.
27.00	4888.	2085.	68.	6905.	2632.
27.50	5039.	2090.	69.	7060.	2694.
28.00	5189.	2095.	70.	7214.	2756.
28.50	5340.	2100.	72.	7369.	2817.
29.00	5491.	2105.	73.	7524.	2879.
29.50	5642.	2111.	74.	7678.	2940.
30.00	5793.	2116.	75.	7833.	3002.

Curva di capacità portante combinazione A1+M1+R3, palo $\phi=800$ mm

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	wp kN	Qu kN	Qd kN
5.00	173.	420.	13.	580.	258.
5.50	209.	428.	14.	623.	279.
6.00	249.	436.	15.	670.	302.
6.50	292.	444.	16.	720.	326.
7.00	339.	452.	18.	773.	352.
7.50	389.	538.	19.	908.	413.
8.00	442.	623.	20.	1046.	477.
8.50	499.	709.	21.	1187.	542.
9.00	560.	794.	23.	1331.	608.
9.50	624.	880.	24.	1480.	677.
10.00	691.	965.	25.	1631.	747.
10.50	762.	1010.	26.	1746.	802.
11.00	836.	1015.	28.	1824.	840.
11.50	914.	1020.	29.	1906.	881.
12.00	995.	1079.	30.	2044.	947.
12.50	1080.	1137.	31.	2186.	1014.
13.00	1169.	1196.	33.	2332.	1083.
13.50	1261.	1254.	34.	2481.	1155.
14.00	1357.	1312.	35.	2634.	1228.
14.50	1456.	1371.	36.	2790.	1302.
15.00	1559.	1429.	38.	2951.	1379.
15.50	1666.	1487.	39.	3114.	1458.
16.00	1776.	1546.	40.	3282.	1538.
16.50	1890.	1604.	41.	3453.	1620.
17.00	2008.	1663.	43.	3628.	1705.
17.50	2129.	1721.	44.	3806.	1790.
18.00	2254.	1779.	45.	3988.	1878.
18.50	2382.	1838.	46.	4174.	1968.
19.00	2514.	1896.	48.	4363.	2060.
19.50	2650.	1954.	49.	4556.	2153.
20.00	2790.	2013.	50.	4752.	2248.
20.50	2933.	2018.	52.	4899.	2322.
21.00	3079.	2023.	53.	5049.	2398.
21.50	3229.	2028.	54.	5203.	2475.
22.00	3380.	2033.	55.	5358.	2553.
22.50	3531.	2039.	57.	5513.	2631.
23.00	3681.	2044.	58.	5667.	2709.
23.50	3832.	2049.	59.	5822.	2787.
24.00	3983.	2054.	60.	5977.	2865.
24.50	4134.	2059.	62.	6131.	2943.
25.00	4285.	2064.	63.	6286.	3021.
25.50	4435.	2069.	64.	6441.	3099.
26.00	4586.	2075.	65.	6595.	3177.
26.50	4737.	2080.	67.	6750.	3254.
27.00	4888.	2085.	68.	6905.	3332.
27.50	5039.	2090.	69.	7060.	3410.
28.00	5189.	2095.	70.	7214.	3488.
28.50	5340.	2100.	72.	7369.	3566.
29.00	5491.	2105.	73.	7524.	3644.
29.50	5642.	2111.	74.	7678.	3722.
30.00	5793.	2116.	75.	7833.	3800.

4.2.2 Curva di capacità portante del palo a trazione

Curva di capacità portante combinazione A1+M1+R1, palo $\phi=800$ mm

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	wp kN	Qu kN	Qd kN
5.00	173.	0.	-13.	185.	114.
5.50	209.	0.	-14.	223.	137.
6.00	249.	0.	-15.	264.	161.
6.50	292.	0.	-16.	308.	188.
7.00	339.	0.	-18.	356.	217.
7.50	389.	0.	-19.	408.	248.
8.00	442.	0.	-20.	462.	280.
8.50	499.	0.	-21.	521.	315.
9.00	560.	0.	-23.	582.	352.
9.50	624.	0.	-24.	648.	391.
10.00	691.	0.	-25.	716.	432.
10.50	762.	0.	-26.	788.	475.
11.00	836.	0.	-28.	864.	520.
11.50	914.	0.	-29.	943.	567.
12.00	995.	0.	-30.	1026.	616.
12.50	1080.	0.	-31.	1112.	667.
13.00	1169.	0.	-33.	1201.	720.
13.50	1261.	0.	-34.	1295.	776.
14.00	1357.	0.	-35.	1392.	833.
14.50	1456.	0.	-36.	1493.	893.
15.00	1559.	0.	-38.	1597.	955.
15.50	1666.	0.	-39.	1705.	1019.
16.00	1776.	0.	-40.	1817.	1085.
16.50	1890.	0.	-41.	1932.	1153.
17.00	2008.	0.	-43.	2051.	1224.
17.50	2129.	0.	-44.	2173.	1296.
18.00	2254.	0.	-45.	2299.	1371.
18.50	2382.	0.	-46.	2429.	1448.
19.00	2514.	0.	-48.	2562.	1527.
19.50	2650.	0.	-49.	2699.	1608.
20.00	2790.	0.	-50.	2840.	1691.
20.50	2933.	0.	-52.	2984.	1777.
21.00	3079.	0.	-53.	3132.	1864.
21.50	3229.	0.	-54.	3283.	1953.
22.00	3380.	0.	-55.	3435.	2043.
22.50	3531.	0.	-57.	3587.	2133.
23.00	3681.	0.	-58.	3739.	2223.
23.50	3832.	0.	-59.	3891.	2313.
24.00	3983.	0.	-60.	4043.	2403.
24.50	4134.	0.	-62.	4195.	2493.
25.00	4285.	0.	-63.	4347.	2583.
25.50	4435.	0.	-64.	4500.	2673.
26.00	4586.	0.	-65.	4652.	2763.
26.50	4737.	0.	-67.	4804.	2853.
27.00	4888.	0.	-68.	4956.	2943.
27.50	5039.	0.	-69.	5108.	3033.
28.00	5189.	0.	-70.	5260.	3123.
28.50	5340.	0.	-72.	5412.	3213.
29.00	5491.	0.	-73.	5564.	3303.
29.50	5642.	0.	-74.	5716.	3393.
30.00	5793.	0.	-75.	5868.	3483.

Curva di capacità portante combinazione A2+M1+R2, palo $\phi=800$ mm

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	wp kN	Qu kN	Qd kN
5.00	173.	0.	-13.	185.	101.
5.50	209.	0.	-14.	223.	120.
6.00	249.	0.	-15.	264.	142.
6.50	292.	0.	-16.	308.	165.
7.00	339.	0.	-18.	356.	190.
7.50	389.	0.	-19.	408.	217.
8.00	442.	0.	-20.	462.	246.
8.50	499.	0.	-21.	521.	276.
9.00	560.	0.	-23.	582.	308.

MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo

9.50	624.	0.	-24.	648.	342.
10.00	691.	0.	-25.	716.	378.
10.50	762.	0.	-26.	788.	415.
11.00	836.	0.	-28.	864.	454.
11.50	914.	0.	-29.	943.	495.
12.00	995.	0.	-30.	1026.	538.
12.50	1080.	0.	-31.	1112.	583.
13.00	1169.	0.	-33.	1201.	629.
13.50	1261.	0.	-34.	1295.	677.
14.00	1357.	0.	-35.	1392.	727.
14.50	1456.	0.	-36.	1493.	779.
15.00	1559.	0.	-38.	1597.	833.
15.50	1666.	0.	-39.	1705.	889.
16.00	1776.	0.	-40.	1817.	947.
16.50	1890.	0.	-41.	1932.	1006.
17.00	2008.	0.	-43.	2051.	1067.
17.50	2129.	0.	-44.	2173.	1130.
18.00	2254.	0.	-45.	2299.	1195.
18.50	2382.	0.	-46.	2429.	1262.
19.00	2514.	0.	-48.	2562.	1331.
19.50	2650.	0.	-49.	2699.	1401.
20.00	2790.	0.	-50.	2840.	1474.
20.50	2933.	0.	-52.	2984.	1548.
21.00	3079.	0.	-53.	3132.	1624.
21.50	3229.	0.	-54.	3283.	1702.
22.00	3380.	0.	-55.	3435.	1780.
22.50	3531.	0.	-57.	3587.	1858.
23.00	3681.	0.	-58.	3739.	1936.
23.50	3832.	0.	-59.	3891.	2014.
24.00	3983.	0.	-60.	4043.	2092.
24.50	4134.	0.	-62.	4195.	2171.
25.00	4285.	0.	-63.	4347.	2249.
25.50	4435.	0.	-64.	4500.	2327.
26.00	4586.	0.	-65.	4652.	2405.
26.50	4737.	0.	-67.	4804.	2483.
27.00	4888.	0.	-68.	4956.	2562.
27.50	5039.	0.	-69.	5108.	2640.
28.00	5189.	0.	-70.	5260.	2718.
28.50	5340.	0.	-72.	5412.	2796.
29.00	5491.	0.	-73.	5564.	2874.
29.50	5642.	0.	-74.	5716.	2953.
30.00	5793.	0.	-75.	5868.	3031.

 Curva di capacità portante combinazione A1+M1+R3, palo $\phi=800$ mm

Lp m	Q _{1l} kN	Q _{b1} kN	w _p kN	Q _u kN	Q _d kN
5.00	173.	0.	-13.	185.	94.
5.50	209.	0.	-14.	223.	112.
6.00	249.	0.	-15.	264.	132.
6.50	292.	0.	-16.	308.	153.
7.00	339.	0.	-18.	356.	177.
7.50	389.	0.	-19.	408.	201.
8.00	442.	0.	-20.	462.	228.
8.50	499.	0.	-21.	521.	256.
9.00	560.	0.	-23.	582.	285.
9.50	624.	0.	-24.	648.	317.
10.00	691.	0.	-25.	716.	350.
10.50	762.	0.	-26.	788.	384.
11.00	836.	0.	-28.	864.	420.
11.50	914.	0.	-29.	943.	458.
12.00	995.	0.	-30.	1026.	497.
12.50	1080.	0.	-31.	1112.	539.
13.00	1169.	0.	-33.	1201.	581.
13.50	1261.	0.	-34.	1295.	626.
14.00	1357.	0.	-35.	1392.	672.
14.50	1456.	0.	-36.	1493.	720.
15.00	1559.	0.	-38.	1597.	770.
15.50	1666.	0.	-39.	1705.	821.
16.00	1776.	0.	-40.	1817.	874.
16.50	1890.	0.	-41.	1932.	929.
17.00	2008.	0.	-43.	2051.	985.

MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo

17.50	2129.	0.	-44.	2173.	1044.
18.00	2254.	0.	-45.	2299.	1103.
18.50	2382.	0.	-46.	2429.	1165.
19.00	2514.	0.	-48.	2562.	1228.
19.50	2650.	0.	-49.	2699.	1293.
20.00	2790.	0.	-50.	2840.	1360.
20.50	2933.	0.	-52.	2984.	1428.
21.00	3079.	0.	-53.	3132.	1498.
21.50	3229.	0.	-54.	3283.	1570.
22.00	3380.	0.	-55.	3435.	1642.
22.50	3531.	0.	-57.	3587.	1714.
23.00	3681.	0.	-58.	3739.	1786.
23.50	3832.	0.	-59.	3891.	1858.
24.00	3983.	0.	-60.	4043.	1930.
24.50	4134.	0.	-62.	4195.	2002.
25.00	4285.	0.	-63.	4347.	2074.
25.50	4435.	0.	-64.	4500.	2146.
26.00	4586.	0.	-65.	4652.	2219.
26.50	4737.	0.	-67.	4804.	2291.
27.00	4888.	0.	-68.	4956.	2363.
27.50	5039.	0.	-69.	5108.	2435.
28.00	5189.	0.	-70.	5260.	2507.
28.50	5340.	0.	-72.	5412.	2579.
29.00	5491.	0.	-73.	5564.	2651.
29.50	5642.	0.	-74.	5716.	2723.
30.00	5793.	0.	-75.	5868.	2795.

Nella tabella seguente si riassumono, per la palificata della spalla 2, i valori del dimensionamento geotecnico del palo di fondazione più sollecitato, sia nella configurazione di P.E.A che nella configurazione modificata:

COMBINAZIONE	L [m]	Q_{Rd}	Q_{Rd}	N_{MAX}	N_{MAX}
		COMPRESSIONE kN	TRAZIONE kN	COMPRESSIONE kN	TRAZIONE kN
STR	16.0	2604	1603	1508	----
GEO	16.0	1671	1396	1388	----
Sismica	16.0	2114	1288	1571	----

Figura 8 – Dimensionamento geotecnico palo più sollecitato (config. da P.E.A - estratto da elaborato PEPN5RC01_31_4137)

COMBINAZIONE	L [m]	Q_{Rd}	Q_{Rd}	N_{MAX}	N_{MAX}
		COMPRESSIONE kN	TRAZIONE kN	COMPRESSIONE kN	TRAZIONE kN
STR	18.0	2327	1371	1175	----
GEO	18.0	1483	1195	971	----
Sismica	18.0	1878	1103	897	----

Figura 9 – Dimensionamento geotecnico palo più sollecitato (configurazione modificata)

5 Platea di fondazione

Il calcolo della platea di fondazione è stato effettuato facendo riferimento alle azioni trasmesse dai pali di fondazione, per ciascuna combinazione di carico definita. Seguendo gli analoghi principi di calcolo indicati nella relazione di calcolo di P.E.A., la verifica della platea è stata condotta sia trasversalmente che longitudinalmente alla fondazione, avendo in input il momento all'incastro dei muri della spalla e le azioni trasmesse da ciascun palo della palificata di fondazione.

La platea a monte viene modellata longitudinalmente (lungo X) come una mensola incastrata al muro frontale, caricata con un carico uniformemente distribuito dovuto al peso del terreno, della platea e all'eventuale sovraccarico stradale e con le forze verticali concentrate dovute alle reazioni dei singoli pali, come riportato nello schema qui di seguito:

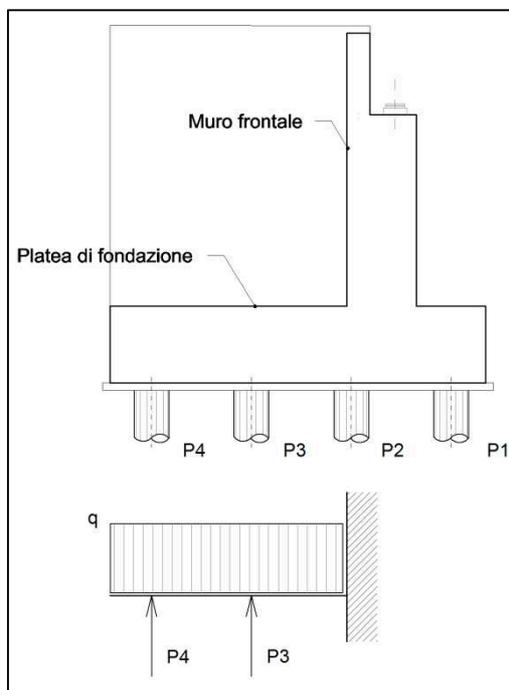


Figura 10 – Schema sezione longitudinale

Schematizzato il modello, si risolve la mensola incastrata calcolando i momenti ed il taglio massimi, da cui si effettuano le verifiche a flessione ed a taglio.

Per quanto riguarda la mensola a valle, nella sezione longitudinale, se la distanza tra asse 1° palo ed estradosso muro frontale è confrontabile con lo spessore della platea, è possibile considerare la mensola tozza e, quindi, adoperare un modello Biella-Tirante (Struct and Ties) al fine di calcolare l'armatura da disporre in corrispondenza dei pali.

Secondo quanto riportato nella relazione di calcolo di P.E.A, per quanto riguarda la mensola posteriore, considerando una larghezza collaborante di 3,50 m, il momento massimo ultimo negativo (lemba superiore) vale $M_{Ed} = -1377,7$ kNm con un taglio $T_{Ed} = 1019,00$ kN. Nella configurazione modificata il momento massimo ultimo negativo (lemba superiore) risulta invece pari a $M_{Ed} = -757,87$ kNm con un taglio $T_{Ed} = 734,12$ kN

Secondo quanto riportato nella relazione di calcolo di P.E.A per quanto riguarda la mensola anteriore, considerando una larghezza collaborante di 2,75 m, il momento massimo ultimo positivo (lemba inferiore) vale $M_{Ed} = -1845,3$ kNm con un taglio $T_{Ed} = 1380,70$ kN. Nella configurazione modificata il momento massimo ultimo negativo (lemba superiore) risulta invece pari a $M_{Ed} = 915,03$ kNm

La platea di fondazione trasversalmente risulta confinata tra i muri di risvolto, per cui la parte interna viene modellata come una trave appoggiata-appoggiata su cui grava un carico uniformemente distribuito dovuto al peso del terreno, al peso della platea stessa ed all'eventuale sovraccarico stradale, i momenti di incastro dei muri di risvolto e le forze verticali concentrate dovute alle reazioni dei singoli pali:

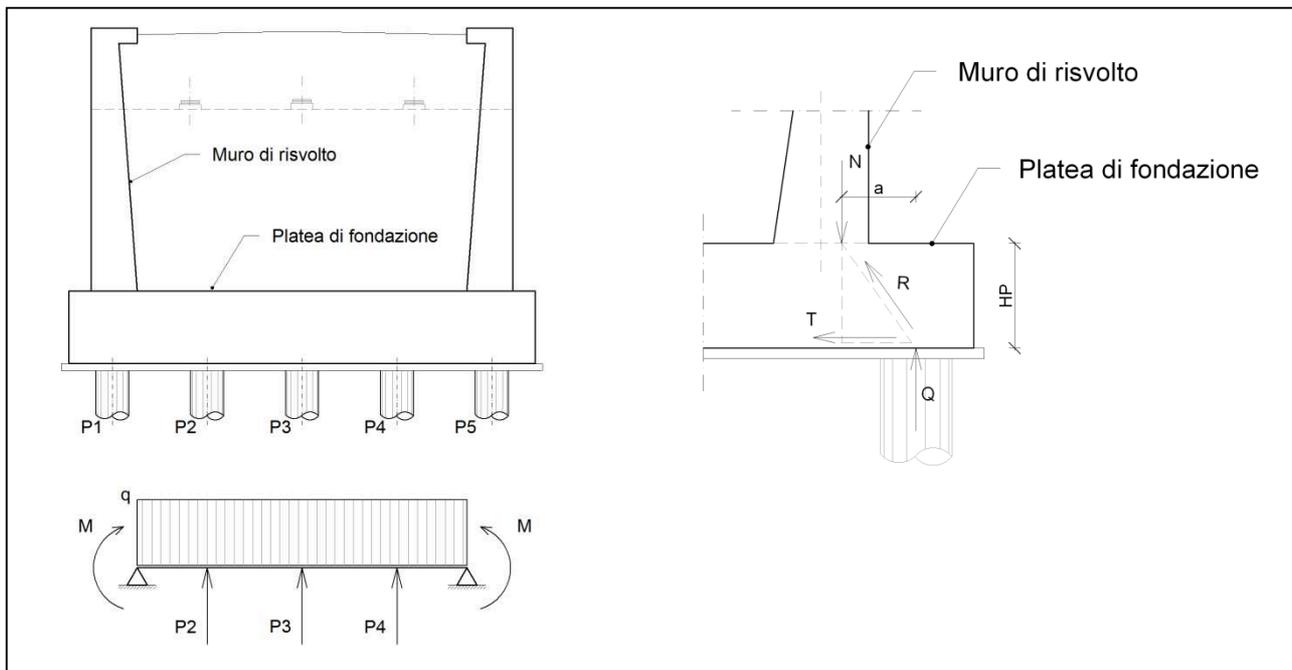


Figura 11 – Schema sezione trasversale spalla

Schematizzato il modello si risolve la trave calcolando i momenti ed il taglio massimi, da cui si effettuano le verifiche a flessione ed a taglio, considerando una larghezza collaborante di 1,85 m.

Nel caso in esame i pali laterali della spalla si attestano in fondazione al di sotto dei muri di risvolto, pertanto non si determina alcuna sollecitazione sulle mensole laterali.

Secondo quanto riportato nella relazione di calcolo di P.E.A, il momento massimo ultimo negativo (lemba superiore) vale $M_{Ed} = -614,9$ kNm. Nella configurazione modificata il momento massimo ultimo negativo (lemba superiore) risulta, invece, pari a $M_{Ed} = -555,62$ kNm.

Secondo quanto riportato nella relazione di calcolo di P.E.A, il momento massimo ultimo positivo (lemba inferiore) vale $M_{Ed} = 8237,9$ kNm. Nella configurazione modificata il momento massimo ultimo positivo (lemba inferiore) risulta, invece, pari a $M_{Ed} = 2144,31$ kNm.

Secondo quanto riportato nella relazione di calcolo di P.E.A, la massima azione tagliante risulta pari a $V_{Ed} = 1902,8$ kNm. Nella configurazione modificata la massima azione tagliante risulta, invece, pari a $V_{Ed} = 779,82$ kNm.

Come si può ben notare le sollecitazioni nella configurazione modificata risultano inferiori alle azioni di P.E.A, per cui, mantenendo per la platea di fondazione le stesse armature previste da P.E.A, risulta evidente come le verifiche di sicurezza dell'opera siano soddisfatte.

6 Muro frontale della spalla

La modifica della quota di intradosso della platea di fondazione della spalla 2, da 371,28 m a 373,53 m, comporta una riduzione di altezza del paramento del muro frontale, pari a 2,25 m (il fusto della spalla passa da 3,00 m a 0,75 m) e, quindi, principalmente, ma non esclusivamente, una riduzione delle azioni dovute alla spinta delle terre. Utilizzando gli stessi parametri progettuali adottati per la progettazione e la redazione della relazione di calcolo di P.E.A., si riportano in seguito due tabelle raffiguranti le sollecitazioni elementari sul paramento del muro frontale (fusto + paraghiaia), sia nella configurazione di P.E.A. (tabella "A" con il contorno di colore rosso) che nella configurazione modificata (tabella "B" con il contorno di colore verde). Per ottenere le sollecitazioni di verifica occorre combinare tali sollecitazioni con le azioni trasmesse dall'impalcato, che non subiscono alcuna variazione per effetto della modifica proposta, secondo le prescrizioni di normativa ed alla stregua di quanto fatto in sede di P.E.A. e riportate nell'elaborato PEPN5RC01_31_4137.

Ora, poiché le sollecitazioni riportate in tabella "B" sono inferiori a quelle riportate in tabella "A", riferite al P.E.A., le verifiche di sicurezza della sezione in c.a. del muro frontale, nella configurazione modificata, risultano automaticamente soddisfatte. Infatti sia lo spessore che le armature del muro frontale non subiscono alcuna variazione, se non una rimodulazione delle dimensioni delle armature previste da PEA, conseguenza della mera riduzione di altezza, che non influenza in alcun modo le verifiche di sicurezza delle opere.

CONDIZIONE STATICA										
Sollecitazioni muro frontale										
Pesi proprio G1										
SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	S (cm)	X _g (m)	q _h (kPa)	q _v (kPa)	b (m)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	4.90	35.00	0.18	0.00	-8.75	0.73	0.00	0.00	0.00
1	0.38	4.52	35.00	0.18	0.00	-8.75	0.73	-3.33	0.00	-2.41
2	0.76	4.14	35.00	0.18	0.00	-8.75	0.73	-6.65	0.00	-4.82
3	1.14	3.76	35.00	0.18	0.00	-8.75	0.73	-9.98	0.00	-7.23
4	1.52	3.38	35.00	0.18	0.00	-8.75	0.73	-13.30	0.00	-9.64
5	1.9	3.00	35.00	0.18	0.00	-8.75	0.73	-16.63	0.00	-12.05
0	1.9	3.00	180.00	0.90	0.00	-45.00	0.73	-16.63	0.00	-12.05
1	2.2	2.70	180.00	0.90	0.00	-45.00	0.00	-30.13	0.00	-12.05
2	2.5	2.40	180.00	0.90	0.00	-45.00	0.00	-43.63	0.00	-12.05
3	2.8	2.10	180.00	0.90	0.00	-45.00	0.00	-57.13	0.00	-12.05
4	3.1	1.80	180.00	0.90	0.00	-45.00	0.00	-70.63	0.00	-12.05
5	3.4	1.50	180.00	0.90	0.00	-45.00	0.00	-84.13	0.00	-12.05
6	3.7	1.20	180.00	0.90	0.00	-45.00	0.00	-97.63	0.00	-12.05
7	4	0.90	180.00	0.90	0.00	-45.00	0.00	-111.13	0.00	-12.05

MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo

8	4.3	0.60	180.00	0.90	0.00	-45.00	0.00	-124.63	0.00	-12.05
9	4.6	0.30	180.00	0.90	0.00	-45.00	0.00	-138.13	0.00	-12.05
10	4.9	0.00	180.00	0.90	0.00	-45.00	0.00	-151.63	0.00	-12.05

Spinte del terreno lungo X (STR)

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	k_m	$Z_{\text{applicazione}}$ (m)	q_h (kPa)	q_v (kPa)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	4.90	0.311	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	4.52	0.311	0.13	2.36	0.00	0.00	0.45	0.06
2	0.76	4.14	0.311	0.25	4.73	0.00	0.00	1.80	0.46
3	1.14	3.76	0.311	0.38	7.09	0.00	0.00	4.04	1.54
4	1.52	3.38	0.311	0.51	9.46	0.00	0.00	7.19	3.64
5	1.9	3.00	0.311	0.63	11.82	0.00	0.00	11.23	7.11
0	1.9	3.00	0.311	0.63	11.82	0.00	0.00	11.23	7.11
1	2.2	2.70	0.311	0.73	13.69	0.00	0.00	15.06	11.04
2	2.5	2.40	0.311	0.83	15.56	0.00	0.00	19.44	16.20
3	2.8	2.10	0.311	0.93	17.42	0.00	0.00	24.39	22.77
4	3.1	1.80	0.311	1.03	19.29	0.00	0.00	29.90	30.89
5	3.4	1.50	0.311	1.13	21.16	0.00	0.00	35.96	40.76
6	3.7	1.20	0.311	1.23	23.02	0.00	0.00	42.59	52.53
7	4	0.90	0.311	1.33	24.89	0.00	0.00	49.78	66.37
8	4.3	0.60	0.311	1.43	26.76	0.00	0.00	57.52	82.45
9	4.6	0.30	0.311	1.53	28.62	0.00	0.00	65.83	100.94
10	4.9	0.00	0.311	1.63	30.49	0.00	0.00	74.70	122.01

Spinte del sovraccarico lungo X (STR)

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	k_m	$Z_{\text{applicazione}}$ (m)	q_h (kPa)	q_v (kPa)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	4.90	0.311	0.00	6.22	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	4.52	0.311	0.19	6.22	0.00	0.00	2.36	0.45
2	0.76	4.14	0.311	0.38	6.22	0.00	0.00	4.73	1.80
3	1.14	3.76	0.311	0.57	6.22	0.00	0.00	7.09	4.04
4	1.52	3.38	0.311	0.76	6.22	0.00	0.00	9.46	7.19
5	1.9	3.00	0.311	0.95	6.22	0.00	0.00	11.82	11.23
0	1.9	3.00	0.311	0.95	6.22	0.00	0.00	11.82	11.23
1	2.2	2.70	0.311	1.10	6.22	0.00	0.00	13.69	15.06
2	2.5	2.40	0.311	1.25	6.22	0.00	0.00	15.56	19.44
3	2.8	2.10	0.311	1.40	6.22	0.00	0.00	17.42	24.39
4	3.1	1.80	0.311	1.55	6.22	1.00	0.00	19.29	29.90
5	3.4	1.50	0.311	1.70	6.22	2.00	0.00	21.16	35.96
6	3.7	1.20	0.311	1.85	6.22	3.00	0.00	23.02	42.59
7	4	0.90	0.311	2.00	6.22	4.00	0.00	24.89	49.78
8	4.3	0.60	0.311	2.15	6.22	5.00	0.00	26.76	57.52

MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo

9	4.6	0.30	0.311	2.30	6.22	6.00	0.00	28.62	65.83
10	4.9	0.00	0.311	2.45	6.22	7.00	0.00	30.49	74.70
Spinte del terreno lungo X (GEO)									
SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	k_m	$Z_{\text{applicazione}}$ (m)	q_h (kPa)	q_v (kPa)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	4.90	0.389	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	4.52	0.389	0.13	2.95	0.00	0.00	0.56	0.07
2	0.76	4.14	0.389	0.25	5.91	0.00	0.00	2.24	0.57
3	1.14	3.76	0.389	0.38	8.86	0.00	0.00	5.05	1.92
4	1.52	3.38	0.389	0.51	11.81	0.00	0.00	8.98	4.55
5	1.9	3.00	0.389	0.63	14.77	0.00	0.00	14.03	8.88
0	1.9	3.00	0.389	0.63	14.77	0.00	0.00	14.03	8.88
1	2.2	2.70	0.389	0.73	17.10	0.00	0.00	18.81	13.79
2	2.5	2.40	0.389	0.83	19.43	0.00	0.00	24.29	20.24
3	2.8	2.10	0.389	0.93	21.76	0.00	0.00	30.46	28.43
4	3.1	1.80	0.389	1.03	24.09	0.00	1.00	37.34	38.59
5	3.4	1.50	0.389	1.13	26.42	0.00	2.00	44.92	50.91
6	3.7	1.20	0.389	1.23	28.75	0.00	3.00	53.20	65.61
7	4	0.90	0.389	1.33	31.09	0.00	4.00	62.17	82.90
8	4.3	0.60	0.389	1.43	33.42	0.00	5.00	71.85	102.98
9	4.6	0.30	0.389	1.53	35.75	0.00	6.00	82.22	126.08
10	4.9	0.00	0.389	1.63	38.08	0.00	7.00	93.30	152.39
Spinte del sovraccarico lungo X (GEO)									
SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	k_m	$Z_{\text{applicazione}}$ (m)	q_h (kPa)	q_v (kPa)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	4.90	0.389	0.00	7.77	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	4.52	0.389	0.19	7.77	0.00	0.00	2.95	0.56
2	0.76	4.14	0.389	0.38	7.77	0.00	0.00	5.91	2.24
3	1.14	3.76	0.389	0.57	7.77	0.00	0.00	8.86	5.05
4	1.52	3.38	0.389	0.76	7.77	0.00	0.00	11.81	8.98
5	1.9	3.00	0.389	0.95	7.77	0.00	0.00	14.77	14.03
0	1.9	3.00	0.389	0.95	7.77	0.00	0.00	14.77	14.03
1	2.2	2.70	0.389	1.10	7.77	0.00	0.00	17.10	18.81
2	2.5	2.40	0.389	1.25	7.77	0.00	0.00	19.43	24.29
3	2.8	2.10	0.389	1.40	7.77	0.00	0.00	21.76	30.46
4	3.1	1.80	0.389	1.55	7.77	0.00	0.00	24.09	37.34
5	3.4	1.50	0.389	1.70	7.77	0.00	0.00	26.42	44.92
6	3.7	1.20	0.389	1.85	7.77	0.00	0.00	28.75	53.20
7	4	0.90	0.389	2.00	7.77	0.00	0.00	31.09	62.17
8	4.3	0.60	0.389	2.15	7.77	0.00	0.00	33.42	71.85
9	4.6	0.30	0.389	2.30	7.77	0.00	0.00	35.75	82.22
10	4.9	0.00	0.389	2.45	7.77	0.00	0.00	38.08	93.30

MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo

CONDIZIONE SISMICA

Forze di inerzia lungo X (muro frontale)

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	Z _{applicazione} (m)	q _v (kPa)	Forza Peso (kN/m)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	4.90	0.00	-8.75	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	4.52	0.19	-8.75	-3.33	0.00	0.65	0.12
2	0.76	4.14	0.38	-8.75	-6.65	0.00	1.29	0.49
3	1.14	3.76	0.57	-8.75	-9.98	0.00	1.94	1.10
4	1.52	3.38	0.76	-8.75	-13.30	0.00	2.58	1.96
5	1.9	3.00	0.95	-8.75	-16.63	0.00	3.23	3.07
0	1.9	3.00	0.95	-45.00	-16.63	0.00	3.23	3.07
1	2.2	2.70	3.46	-45.00	-30.13	0.00	5.85	20.21
2	2.5	2.40	3.18	-45.00	-43.63	0.00	8.47	26.89
3	2.8	2.10	2.96	-45.00	-57.13	1.00	11.09	32.79
4	3.1	1.80	2.76	-45.00	-70.63	2.00	13.71	37.90
5	3.4	1.50	2.59	-45.00	-84.13	3.00	16.33	42.22
6	3.7	1.20	2.42	-45.00	-97.63	4.00	18.95	45.76
7	4	0.90	2.25	-45.00	-111.13	5.00	21.57	48.51
8	4.3	0.60	2.09	-45.00	-124.63	6.00	24.19	50.47
9	4.6	0.30	1.93	-45.00	-138.13	7.00	26.81	51.65
10	4.9	0.00	1.77	-45.00	-151.63	8.00	29.43	52.05

Forze di inerzia lungo Y (muro frontale)

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	Z _{applicazione} (m)	q _v (kPa)	Forza Peso (kN/m)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	4.90	0.00	-8.75	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	4.52	0.19	-8.75	-3.33	0.00	0.65	0.12
2	0.76	4.14	0.38	-8.75	-6.65	0.00	1.29	0.49
3	1.14	3.76	0.57	-8.75	-9.98	0.00	1.94	1.10
4	1.52	3.38	0.76	-8.75	-13.30	0.00	2.58	1.96
5	1.9	3.00	0.95	-8.75	-16.63	0.00	3.23	3.07
0	1.9	3.00	0.95	-45.00	-16.63	0.00	3.23	3.07
1	2.2	2.70	3.46	-45.00	-30.13	0.00	5.85	20.21
2	2.5	2.40	3.18	-45.00	-43.63	0.00	8.47	26.89
3	2.8	2.10	2.96	-45.00	-57.13	0.00	11.09	32.79
4	3.1	1.80	2.76	-45.00	-70.63	0.00	13.71	37.90
5	3.4	1.50	2.59	-45.00	-84.13	0.00	16.33	42.22
6	3.7	1.20	2.42	-45.00	-97.63	0.00	18.95	45.76
7	4	0.90	2.25	-45.00	-111.13	0.00	21.57	48.51
8	4.3	0.60	2.09	-45.00	-124.63	0.00	24.19	50.47
9	4.6	0.30	1.93	-45.00	-138.13	0.00	26.81	51.65
10	4.9	0.00	1.77	-45.00	-151.63	0.00	29.43	52.05

MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo

Forze di inerzia lungo Z (muro frontale)

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	X _{applicazione} (m)	Z _{applicazione} (m)	q _v (kPa)	Forza Peso (kN/m)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	4.90	0.725	0.00	-8.75	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	4.52	0.725	0.19	-8.75	-3.33	-0.32	0.00	-0.23
2	0.76	4.14	0.725	0.38	-8.75	-6.65	-0.65	0.00	-0.47
3	1.14	3.76	0.725	0.57	-8.75	-9.98	-0.97	0.00	-0.70
4	1.52	3.38	0.725	0.76	-8.75	-13.30	-1.29	0.00	-0.94
5	1.9	3.00	0.725	0.95	-8.75	-16.63	-1.61	0.00	-1.17
0	1.9	3.00	0.725	0.95	-45.00	-16.63	-1.61	0.00	-1.17
1	2.2	2.70	0.40	3.46	-45.00	-30.13	-2.92	0.00	-1.17
2	2.5	2.40	0.28	3.18	-45.00	-43.63	-4.23	0.00	-1.17
3	2.8	2.10	0.21	2.96	-45.00	-57.13	-5.54	0.00	-1.17
4	3.1	1.80	0.17	2.76	-45.00	-70.63	-6.85	0.00	-1.17
5	3.4	1.50	0.14	2.59	-45.00	-84.13	-8.16	0.00	-1.17
6	3.7	1.20	0.12	2.42	-45.00	-97.63	-9.47	0.00	-1.17
7	4	0.90	0.11	2.25	-45.00	-111.13	-10.78	0.00	-1.17
8	4.3	0.60	0.10	2.09	-45.00	-124.63	-12.09	0.00	-1.17
9	4.6	0.30	0.09	1.93	-45.00	-138.13	-13.40	0.00	-1.17
10	4.9	0.00	0.08	1.77	-45.00	-151.63	-14.71	0.00	-1.17

Forze di inerzia lungo X (terreno)

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	Z _{applicazione} (m)	q _v (kPa)	Forza Peso (kN/m)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	4.90	0.00	20.00	20.00	0.00	3.88	0.00
1	0.38	4.52	0.19	20.00	20.00	0.00	3.88	0.74
2	0.76	4.14	0.38	20.00	20.00	0.00	3.88	1.48
3	1.14	3.76	0.57	20.00	20.00	0.00	3.88	2.21
4	1.52	3.38	0.76	20.00	20.00	0.00	3.88	2.95
5	1.9	3.00	0.95	20.00	20.00	0.00	3.88	3.69
0	1.9	3.00	0.95	20.00	20.00	0.00	3.88	3.69
1	2.2	2.70	1.10	20.00	20.00	0.00	3.88	4.27
2	2.5	2.40	1.25	20.00	20.00	0.00	3.88	4.85
3	2.8	2.10	1.40	20.00	20.00	0.00	3.88	5.43
4	3.1	1.80	1.55	20.00	20.00	0.00	3.88	6.02
5	3.4	1.50	1.70	20.00	20.00	0.00	3.88	6.60
6	3.7	1.20	1.85	20.00	20.00	0.00	3.88	7.18
7	4	0.90	2.00	20.00	20.00	0.00	3.88	7.76
8	4.3	0.60	2.15	20.00	20.00	0.00	3.88	8.35
9	4.6	0.30	2.30	20.00	20.00	0.00	3.88	8.93
10	4.9	0.00	2.45	20.00	20.00	0.00	3.88	9.51

MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo

Incremento di spinta del terreno lungo X (caso A)									
SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	Δk_A	Z _{applicazione} (m)	q _h (kPa)	q _v (kPa)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	4.90	0.163	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	4.52	0.163	0.19	1.24	0.00	0.00	0.24	0.04
2	0.76	4.14	0.163	0.38	2.48	0.00	0.00	0.94	0.36
3	1.14	3.76	0.163	0.57	3.73	0.00	0.00	2.12	1.21
4	1.52	3.38	0.163	0.76	4.97	0.00	0.00	3.78	2.87
5	1.9	3.00	0.163	0.95	6.21	0.00	0.00	5.90	5.61
0	1.9	3.00	0.163	0.95	6.21	0.00	0.00	5.90	5.61
1	2.2	2.70	0.163	1.10	7.19	0.00	0.00	7.91	8.70
2	2.5	2.40	0.163	1.25	8.17	0.00	0.00	10.22	12.77
3	2.8	2.10	0.163	1.40	9.15	0.00	1.00	12.81	17.94
4	3.1	1.80	0.163	1.55	10.13	0.00	2.00	15.71	24.35
5	3.4	1.50	0.163	1.70	11.11	0.00	3.00	18.90	32.12
6	3.7	1.20	0.163	1.85	12.10	0.00	4.00	22.38	41.40
7	4	0.90	0.163	2.00	13.08	0.00	5.00	26.15	52.31
8	4.3	0.60	0.163	2.15	14.06	0.00	6.00	30.22	64.98
9	4.6	0.30	0.163	2.30	15.04	0.00	7.00	34.59	79.55
10	4.9	0.00	0.163	2.45	16.02	0.00	8.00	39.25	96.15
Incremento di spinta del terreno lungo X (caso B)									
SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	Δk_A	Z _{applicazione} (m)	q _h (kPa)	q _v (kPa)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	4.90	0.111	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	4.90	0.111	0.19	0.84	0.00	0.00	0.16	0.03
2	0.76	4.52	0.111	0.38	1.69	0.00	0.00	0.64	0.24
3	1.14	4.14	0.111	0.57	2.53	0.00	0.00	1.44	0.82
4	1.52	3.76	0.111	0.76	3.37	0.00	0.00	2.56	1.95
5	1.9	3.38	0.111	0.95	4.21	0.00	0.00	4.00	3.80
0	1.9	3.00	0.111	0.95	4.21	0.00	0.00	4.00	3.80
1	2.2	3.00	0.111	1.10	4.88	0.00	0.00	5.37	5.90
2	2.5	2.70	0.111	1.25	5.54	0.00	0.00	6.93	8.66
3	2.8	2.40	0.111	1.40	6.21	0.00	0.00	8.69	12.17
4	3.1	2.10	0.111	1.55	6.88	0.00	0.00	10.66	16.52
5	3.4	1.80	0.111	1.70	7.54	0.00	0.00	12.82	21.79
6	3.7	1.50	0.111	1.85	8.21	0.00	0.00	15.18	28.09
7	4	1.20	0.111	2.00	8.87	0.00	0.00	17.74	35.49
8	4.3	0.90	0.111	2.15	9.54	0.00	0.00	20.50	44.08
9	4.6	0.60	0.111	2.30	10.20	0.00	0.00	23.47	53.97
10	4.9	0.30	0.111	2.45	10.87	0.00	0.00	26.63	65.23

Figura 12 – Sollecitazioni elementari sul muro frontale (configurazione da P.E.A - "Tab. A")

MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo

CONDIZIONE STATICA

Sollecitazioni muro frontale

Pesi proprio G1

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	S (cm)	X _g (m)	q _h (kPa)	q _v (kPa)	b (m)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	2.65	35.00	0.18	0.00	-8.75	0.73	0.00	0.00	0.00
1	0.38	2.27	35.00	0.18	0.00	-8.75	0.73	-3.33	0.00	-2.41
2	0.76	1.89	35.00	0.18	0.00	-8.75	0.73	-6.65	0.00	-4.82
3	1.14	1.51	35.00	0.18	0.00	-8.75	0.73	-9.98	0.00	-7.23
4	1.52	1.13	35.00	0.18	0.00	-8.75	0.73	-13.30	0.00	-9.64
5	1.9	0.75	35.00	0.18	0.00	-8.75	0.73	-16.63	0.00	-12.05
0	1.9	0.75	180.00	0.90	0.00	-45.00	0.73	-16.63	0.00	-12.05
1	2.15	0.50	180.00	0.90	0.00	-45.00	0.00	-27.88	0.00	-12.05
2	2.4	0.25	180.00	0.90	0.00	-45.00	0.00	-39.13	0.00	-12.05
3	2.65	0.00	180.00	0.90	0.00	-45.00	0.00	-50.38	0.00	-12.05

Spinte del terreno lungo X (STR)

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	k _m	Z _{applicazione} (m)	q _h (kPa)	q _v (kPa)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	2.65	0.311	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	2.27	0.311	0.13	2.36	0.00	0.00	0.45	0.06
2	0.76	1.89	0.311	0.25	4.73	0.00	0.00	1.80	0.46
3	1.14	1.51	0.311	0.38	7.09	0.00	0.00	4.04	1.54
4	1.52	1.13	0.311	0.51	9.46	0.00	0.00	7.19	3.64
5	1.9	0.75	0.311	0.63	11.82	0.00	0.00	11.23	7.11
0	1.9	0.75	0.311	0.63	11.82	0.00	0.00	11.23	7.11
1	2.15	0.50	0.311	0.72	13.38	0.00	0.00	14.38	10.31
2	2.4	0.25	0.311	0.80	14.93	0.00	0.00	17.92	14.34
3	2.65	0.00	0.311	0.88	16.49	0.00	0.00	21.85	19.30

Spinte del sovraccarico lungo X (STR)

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	k _m	Z _{applicazione} (m)	q _h (kPa)	q _v (kPa)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	2.65	0.311	0.00	6.22	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	2.27	0.311	0.19	6.22	0.00	0.00	2.36	0.45
2	0.76	1.89	0.311	0.38	6.22	0.00	0.00	4.73	1.80
3	1.14	1.51	0.311	0.57	6.22	0.00	0.00	7.09	4.04
4	1.52	1.13	0.311	0.76	6.22	0.00	0.00	9.46	7.19
5	1.9	0.75	0.311	0.95	6.22	0.00	0.00	11.82	11.23
0	1.9	0.75	0.311	0.95	6.22	0.00	0.00	11.82	11.23
1	2.15	0.50	0.311	1.08	6.22	0.00	0.00	13.38	14.38
2	2.4	0.25	0.311	1.20	6.22	0.00	0.00	14.93	17.92
3	2.65	0.00	0.311	1.33	6.22	0.00	0.00	16.49	21.85

MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo

Spinte del terreno lungo X (GEO)

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	k_m	$Z_{\text{applicazione}}$ (m)	q_h (kPa)	q_v (kPa)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	2.65	0.389	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	2.27	0.389	0.13	2.95	0.00	0.00	0.56	0.07
2	0.76	1.89	0.389	0.25	5.91	0.00	0.00	2.24	0.57
3	1.14	1.51	0.389	0.38	8.86	0.00	0.00	5.05	1.92
4	1.52	1.13	0.389	0.51	11.81	0.00	0.00	8.98	4.55
5	1.9	0.75	0.389	0.63	14.77	0.00	0.00	14.03	8.88
0	1.9	0.75	0.389	0.63	14.77	0.00	0.00	14.03	8.88
1	2.15	0.50	0.389	0.72	16.71	0.00	0.00	17.96	12.87
2	2.4	0.25	0.389	0.80	18.65	0.00	0.00	22.38	17.91
3	2.65	0.00	0.389	0.88	20.59	0.00	0.00	27.29	24.10

Spinte del sovraccarico lungo X (GEO)

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	k_m	$Z_{\text{applicazione}}$ (m)	q_h (kPa)	q_v (kPa)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	2.65	0.389	0.00	7.77	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	2.27	0.389	0.19	7.77	0.00	0.00	2.95	0.56
2	0.76	1.89	0.389	0.38	7.77	0.00	0.00	5.91	2.24
3	1.14	1.51	0.389	0.57	7.77	0.00	0.00	8.86	5.05
4	1.52	1.13	0.389	0.76	7.77	0.00	0.00	11.81	8.98
5	1.9	0.75	0.389	0.95	7.77	0.00	0.00	14.77	14.03
0	1.9	0.75	0.389	0.95	7.77	0.00	0.00	14.77	14.03
1	2.15	0.50	0.389	1.08	7.77	0.00	0.00	16.71	17.96
2	2.4	0.25	0.389	1.20	7.77	0.00	0.00	18.65	22.38
3	2.65	0.00	0.389	1.33	7.77	0.00	0.00	20.59	27.29

CONDIZIONE SISMICA

Forze di inerzia lungo X (muro frontale)

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	$Z_{\text{applicazione}}$ (m)	q_v (kPa)	Forza P_{peso} (kN/m)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	2.65	0.00	-8.75	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	2.27	0.19	-8.75	-3.33	0.00	0.65	0.12
2	0.76	1.89	0.38	-8.75	-6.65	0.00	1.29	0.49
3	1.14	1.51	0.57	-8.75	-9.98	0.00	1.94	1.10
4	1.52	1.13	0.76	-8.75	-13.30	0.00	2.58	1.96
5	1.9	0.75	0.95	-8.75	-16.63	0.00	3.23	3.07
0	1.9	0.75	0.95	-45.00	-16.63	0.00	3.23	3.07
1	2.15	0.50	1.27	-45.00	-27.88	0.00	5.41	6.85
2	2.4	0.25	1.01	-45.00	-39.13	0.00	7.59	7.67
3	2.65	0.00	0.81	-45.00	-50.38	0.00	9.78	7.94

MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo

Forze di inerzia lungo Y (muro frontale)

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	Z _{applicazione} (m)	q _v (kPa)	Forza Peso (kN/m)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	2.65	0.00	-8.75	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	2.27	0.19	-8.75	-3.33	0.00	0.65	0.12
2	0.76	1.89	0.38	-8.75	-6.65	0.00	1.29	0.49
3	1.14	1.51	0.57	-8.75	-9.98	0.00	1.94	1.10
4	1.52	1.13	0.76	-8.75	-13.30	0.00	2.58	1.96
5	1.9	0.75	0.95	-8.75	-16.63	0.00	3.23	3.07
0	1.9	0.75	0.95	-45.00	-16.63	0.00	3.23	3.07
1	2.15	0.50	1.27	-45.00	-27.88	0.00	5.41	6.85
2	2.4	0.25	1.01	-45.00	-39.13	0.00	7.59	7.67
3	2.65	0.00	0.81	-45.00	-50.38	0.00	9.78	7.94

Forze di inerzia lungo Z (muro frontale)

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	X _{applicazione} (m)	Z _{applicazione} (m)	q _v (kPa)	Forza Peso (kN/m)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	2.65	0.725	0.00	-8.75	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	2.27	0.725	0.19	-8.75	-3.33	-0.32	0.00	-0.23
2	0.76	1.89	0.725	0.38	-8.75	-6.65	-0.65	0.00	-0.47
3	1.14	1.51	0.725	0.57	-8.75	-9.98	-0.97	0.00	-0.70
4	1.52	1.13	0.725	0.76	-8.75	-13.30	-1.29	0.00	-0.94
5	1.9	0.75	0.725	0.95	-8.75	-16.63	-1.61	0.00	-1.17
0	1.9	0.75	0.725	0.95	-45.00	-16.63	-1.61	0.00	-1.17
1	2.15	0.50	0.43	1.27	-45.00	-27.88	-2.70	0.00	-1.17
2	2.4	0.25	0.31	1.01	-45.00	-39.13	-3.80	0.00	-1.17
3	2.65	0.00	0.24	0.81	-45.00	-50.38	-4.89	0.00	-1.17

Forze di inerzia lungo X (terreno)

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	Z _{applicazione} (m)	q _v (kPa)	Forza Peso (kN/m)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	2.65	0.00	20.00	20.00	0.00	3.88	0.00
1	0.38	2.27	0.19	20.00	20.00	0.00	3.88	0.74
2	0.76	1.89	0.38	20.00	20.00	0.00	3.88	1.48
3	1.14	1.51	0.57	20.00	20.00	0.00	3.88	2.21
4	1.52	1.13	0.76	20.00	20.00	0.00	3.88	2.95
5	1.9	0.75	0.95	20.00	20.00	0.00	3.88	3.69
0	1.9	0.75	0.95	20.00	20.00	0.00	3.88	3.69
1	2.15	0.50	1.08	20.00	20.00	0.00	3.88	4.17
2	2.4	0.25	1.20	20.00	20.00	0.00	3.88	4.66
3	2.65	0.00	1.33	20.00	20.00	0.00	3.88	5.14

MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo

Incremento di spinta del terreno lungo X (caso A)

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	Δk_A	Z _{applicazione} (m)	q _h (kPa)	q _v (kPa)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	2.65	0.163	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	2.27	0.163	0.19	1.24	0.00	0.00	0.24	0.04
2	0.76	1.89	0.163	0.38	2.48	0.00	0.00	0.94	0.36
3	1.14	1.51	0.163	0.57	3.73	0.00	0.00	2.12	1.21
4	1.52	1.13	0.163	0.76	4.97	0.00	0.00	3.78	2.87
5	1.9	0.75	0.163	0.95	6.21	0.00	0.00	5.90	5.61
0	1.9	0.75	0.163	0.95	6.21	0.00	0.00	5.90	5.61
1	2.15	0.50	0.163	1.08	7.03	0.00	0.00	7.56	8.12
2	2.4	0.25	0.163	1.20	7.85	0.00	0.00	9.41	11.30
3	2.65	0.00	0.163	1.33	8.66	0.00	0.00	11.48	15.21

Incremento di spinta del terreno lungo X (caso B)

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	Δk_A	Z _{applicazione} (m)	q _h (kPa)	q _v (kPa)	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
0	0	2.65	0.111	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	2.65	0.111	0.19	0.84	0.00	0.00	0.16	0.03
2	0.76	2.27	0.111	0.38	1.69	0.00	0.00	0.64	0.24
3	1.14	1.89	0.111	0.57	2.53	0.00	0.00	1.44	0.82
4	1.52	1.51	0.111	0.76	3.37	0.00	0.00	2.56	1.95
5	1.9	1.13	0.111	0.95	4.21	0.00	0.00	4.00	3.80
0	1.9	0.75	0.111	0.95	4.21	0.00	0.00	4.00	3.80
1	2.15	0.75	0.111	1.08	4.77	0.00	0.00	5.13	5.51
2	2.4	0.50	0.111	1.20	5.32	0.00	0.00	6.39	7.67
3	2.65	0.25	0.111	1.33	5.88	0.00	0.00	7.79	10.32

Figura 13 – Sollecitazioni elementari sul muro frontale (configurazione modificata di PED - "Tab. B")

7 Muri di risvolto

Così come per il muro frontale, anche per i muri di risvolto della spalla 2, la modifica della quota di intradosso della platea di fondazione, da 371,28 m a 373,53 m, comporta una riduzione di altezza del paramento degli stessi, pari a 2,25 m e, quindi, principalmente, ma non esclusivamente, una riduzione delle azioni dovute alla spinta delle terre. Utilizzando gli stessi parametri progettuali adottati per la progettazione e la redazione della relazione di calcolo di P.E.A., si riportano in seguito due tabelle raffiguranti le sollecitazioni di verifica sia nella configurazione di P.E.A. che nella configurazione modificata. Poiché le sollecitazioni riportate nella tabella "B" (configurazione modificata) sono inferiori a quelle indicate nella tabella "A", con le quali sono state condotte le verifiche in sede di P.E.A. e sono riportate nell'elaborato PEPN5RC01_31_4137, risulta, quindi, evidente come le verifiche di sicurezza, nella configurazione modificata della sezione in c.a. dei muri di risvolto, siano automaticamente soddisfatte. Infatti sia lo spessore che le armature dei muri di risvolto non subiscono alcuna variazione, se non una rimodulazione delle dimensioni delle armature previste da PEA, conseguenza della mera riduzione di altezza, che non influenza in alcun modo le verifiche di sicurezza delle opere.

Combinazioni		Descrizione	PIEDE PARAMENTO		
			F _x kN/m	F _z kN/m	M _y kNm/m
1	STR	Statica	105.00	-56.25	351.55
2	STR	Statica + Variabile	151.67	-56.25	468.22
3	STR	Statica + Svio	135.00	-58.25	351.55
4	STR	Statica + Variabile + Svio	181.67	-58.25	468.22
5	GEO	Statica	97.14	-56.25	338.46
6	GEO	Statica + Variabile	147.66	-56.25	464.75
7	GEO	Statica + Svio	127.14	-58.25	338.46
8	GEO	Statica + Variabile + Svio	177.66	-58.25	464.75
9	SISMA X+Z+	Sismica Z+	87.93	-54.94	332.39
10	SISMA X+Z-	Sismica Z-	84.36	-57.56	323.47
11	Freq.	Fessurazione - Frequente	120.22	-58.25	337.29
12	Q. Perm.	Fessurazione - Q. perm.	77.78	-58.25	306.18

Figura 14 – Sollec. di verifica muri di risvolto spalla S2 (config. da P.E.A. estratto da elaborato PEPN5RC01_31_4137 – "Tab.A")

Combinazioni		Descrizione	PIEDE PARAMENTO		
			F _x kN/m	F _z kN/m	M _y kNm/m
1	STR	Statica	31.76	-30.94	29.12
2	STR	Statica + Variabile	57.43	-30.94	64.41
3	STR	Statica + Svio	61.76	-32.94	111.62
4	STR	Statica + Variabile + Svio	87.43	-32.94	146.91
5	GEO	Statica	29.39	-30.94	26.94
6	GEO	Statica + Variabile	57.17	-30.94	65.14
7	GEO	Statica + Svio	59.39	-32.94	109.44

Combinazioni	Descrizione	PIEDE PARAMENTO			
		F _x kN/m	F _z kN/m	M _y kNm/m	
8	GEO	Statica + Variabile + Svio	87.17	-32.94	147.64
9	SISMA X+Z+	Sismica Z+	32.82	-30.22	36.88
10	SISMA X+Z-	Sismica Z-	29.61	-31.66	32.47
11	Freq.	Fessurazione - Frequente	60.37	-32.94	113.48
12	Q. Perm.	Fessurazione - Q. perm.	23.53	-32.94	21.57

Figura 15 - Sollecitazioni di verifica muri di risvolto spalla S2 (configurazione modificata di PED – "Tab.B")

8 Paraghiaia

La geometria e l'armatura del paraghiaia della spalla 2 non subisce alcuna variazione per effetto della modifica prevista ed illustrata nella presente nota tecnica di calcolo. Non è, quindi, necessario condurre le relative verifiche di sicurezza, per le quali si rimanda alla consultazione della Relazione Tecnica e di Calcolo (elaborato PEPN5RC01_31_4137).

MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo

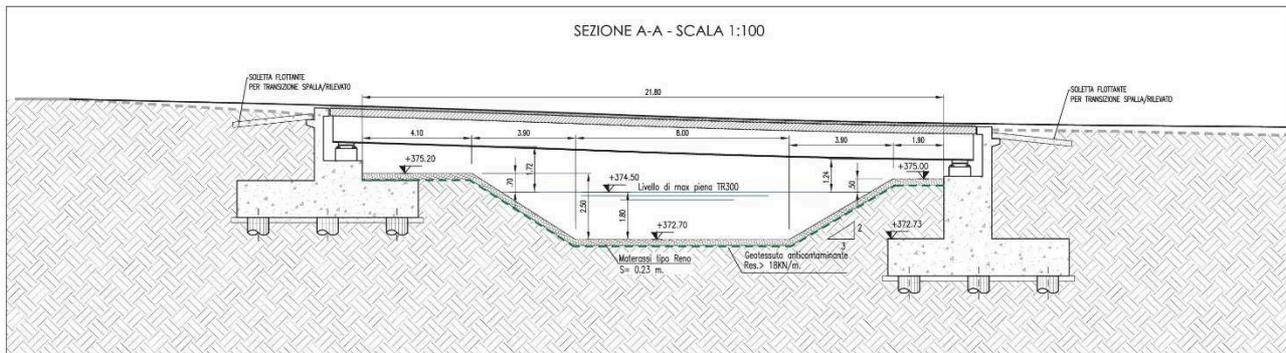


Figura 19 – Sezione in asse ponte (PED)

Oltre alla modica principale sopradescritta, finalizzata al superamento dell'interferenza con la spalla 2 nella nuova posizione di P.E.D., nella presente fase, sono state apportate anche alcune ottimizzazioni alla regimazione fluviale in oggetto, in particolare:

- Nel revisionare l'andamento planimetrico della regimazione in prossimità del ponte PN05, si è ritenuto opportuno prevedere, contestualmente, una rettifica localizzata dell'alveo attuale, che descrive immediatamente a valle del ponte una stretta ansa, molto prossima all'asse principale della S.S. 121 ed alla viabilità secondaria 31 di progetto. La rettifica va letta quale miglioria tecnica volta ad ottimizzare le condizioni di deflusso del Vallone Frattina in prossimità dell'attraversamento del nuovo ponte PN05, allontanando, dallo stesso, il rigurgito prodotto dall'impedenza rappresentata dall'ansa di valle esistente ed, al contempo, di allontanare l'alveo attivo dalla viabilità in esercizio. La modifica migliorativa ha previsto la realizzazione di una gabbionata di protezione aggiuntiva, lato valle rispetto al ponte ed in sinistra idraulica, per tutto il tratto di rettifica dell'alveo; si fa notare che parte delle gabbionate rappresentate, sono le stesse ad oggi poste in opera per la realizzazione della sistemazione provvisoria di cui al punto successivo;
- Oltre a quanto sopra riportato, la rivisitazione planimetrica della regimazione fluviale concorre a raccordare meglio la sistemazione provvisoria già posta in opera per consentire la realizzazione del ponte sul Vallone Frattina (si veda a tal proposito per maggiori dettagli l'elaborato grafico di P.E.D. PE_PN5_S001_40_4137 emesso con Modifica Tecnica n.°120);
- Nel tratto di inalveazione lato monte rispetto al PN05, in sinistra idraulica, la regimazione fluviale di P.E.A. prevedeva la realizzazione di una nuova gabbionata di protezione, in sostituzione di una gabbionata esistente addossata al muro di sostegno di un piazzale; ebbene, viste le condizioni di deterioramento delle gabbionate rilevate in cantiere e data l'incipiente erosione al piede del muro, si è ritenuto opportuno posizionare il nuovo tratto di gabbionata ad una distanza di circa 1,50m dal muro di sostegno esistente, al fine di garantire un presidio idraulico più solido nei confronti dei fenomeni erosivi che in passato hanno severamente interessato il muro di sostegno. Lo spazio fra gabbionata di progetto e muro di sostegno verrà intasato con un riempimento in terra. La traslazione appena descritta della gabbionata di progetto rispetto alla posizione di P.E.A., ha richiesto, evidentemente, un pari spostamento in destra idraulica, dell'asse della regimazione fluviale, al fine di mantenere le medesime larghezze dell'alveo originariamente previste;

L'attuazione delle sopradescritte modifiche, alla regimazione fluviale del Vallone Frattina, è stata preceduta dall'aggiornamento della modellazione idraulica mediante il software HEC-RAS v.4.0, a partire dal modello

MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo

sviluppato nell'ambito del Progetto Esecutivo Approvato. L'aggiornamento della simulazione è stata, ovviamente, effettuata mantenendo tutti criteri e le impostazioni alla base della modellazione idraulica implementata in fase di P.E.A.. Si riportano in allegato il profilo longitudinale di progetto e le corrispondenti sezioni trasversali del tratto interessato da modifiche.

10 Conclusioni

Con la presente nota, a seguito del controllo e del calcolo delle sollecitazioni degli elementi strutturali, si è evidenziato come, nonostante la modifica proposta abbia comportato una sensibile variazione geometrica dell'intera spalla 2 del nuovo Ponte sul Torrente Frattina, il comportamento strutturale dell'intera opera non subisce alterazioni e le verifiche di sicurezza degli elementi strutturali continuano ad essere soddisfatte.

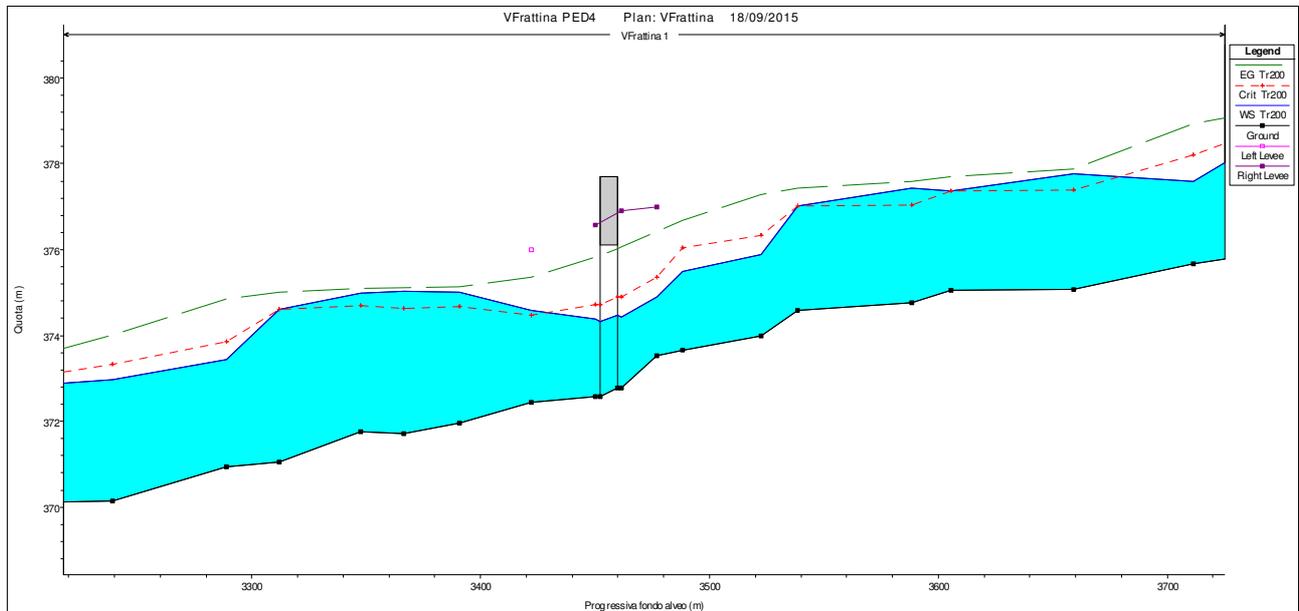
Al pari delle modifiche relative agli elementi strutturali, si attesta che la revisione e le ottimizzazioni apportate alla regimazione fluviale, contribuiscono a migliorare ulteriormente le condizioni di deflusso del tratto del Vallone Frattina, rispetto a quanto già previsto in PEA, ed a garantire adeguate condizioni di sicurezza idraulica nei confronti degli eventi di piena di progetto. Tali migliorie risultano ancor più opportune in riferimento alle condizioni pluviometriche eccezionali che si sono registrate nei primi mesi dell'anno sull'area di intervento e che hanno determinato, per un lungo periodo, il passaggio di portate rilevanti all'interno del Vallone Frattina e la conseguente attivazione di frequenti fenomeni di erosione localizzata e di dislocazione d'alveo.

Si riporta a seguire l'elenco degli elaborati, a cui si rimanda per maggiori dettagli, emessi nella presente fase di P.E.D. ed allegati alla presente relazione :

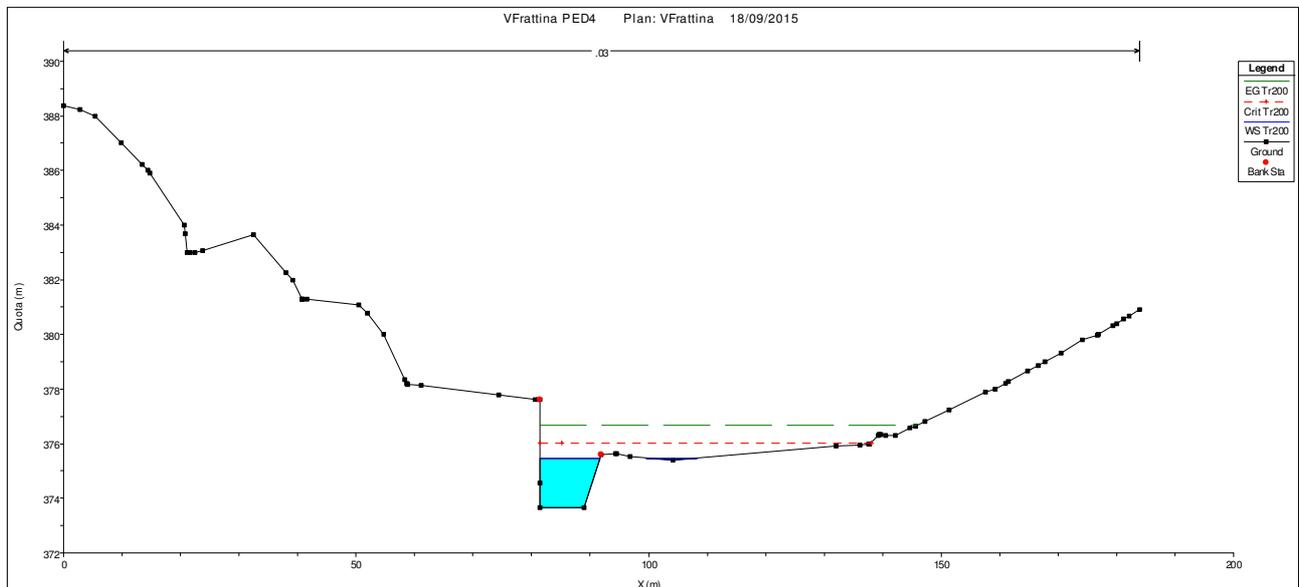
Codice elaborato										Titolo	scala	form.	filename				
opera	argom.	doc. e prog.	fase	rev.	prot.												
										4 - IDROLOGIA E IDRAULICA							
										4.4 - Opere di regimazione fluviale							
P	E	I	D	B	0	1	2	4	0	N.9-Vallone Frattina: svincolo Mezzojuso (km 12+800-13+400). Rilievo stato attuale, pianta, profilo e sezioni	varie	A1	PEIDB012	_	40	_	4137
										7 - OPERE D'ARTE							
										7.5 - NUOVI PONTI							
										Nuovo ponte su T. Frattina- Svincolo Mezzojuso							
P	E	PN	5	R	T	0	1	4	0	MT 149- Relazione descrittiva e di calcolo	Relazione		PEPN5RT01	_	40	_	4137
P	E	PN	5	N	0	0	1	4	0	Planimetria con individuazione dell'opera e prospetto	1:200 - 1:100		PEPN5N001	_	40	_	4137
P	E	PN	5	N	0	0	2	4	0	Pianta, sezione longitudinale e sezione trasversale e profilo geotecnico	1:100 - 1:50		PEPN5N002	_	40	_	4137
P	E	PN	5	N	0	0	5	4	0	Carpenteria spalla 2	1:50 - 1:20		PEPN5N005	_	40	_	4137
P	E	PN	5	N	0	0	6	4	0	Armatura spalla 2	1:50 - 1:25		PEPN5N006	_	40	_	4137
P	E	PN	5	N	0	0	7	4	0	Armatura pali di fondazione	1:50 - 1:25		PEPN5N007	_	40	_	4137

11 Output modellazione idraulica Vallone Frattina – Tratto interessato da modifiche

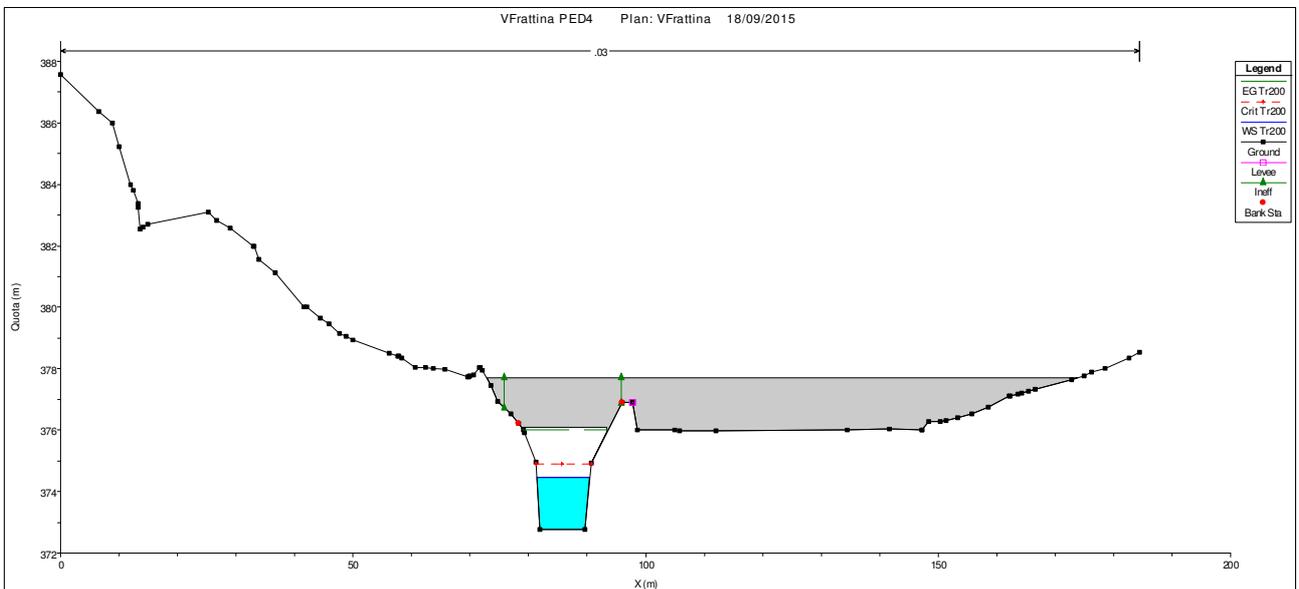
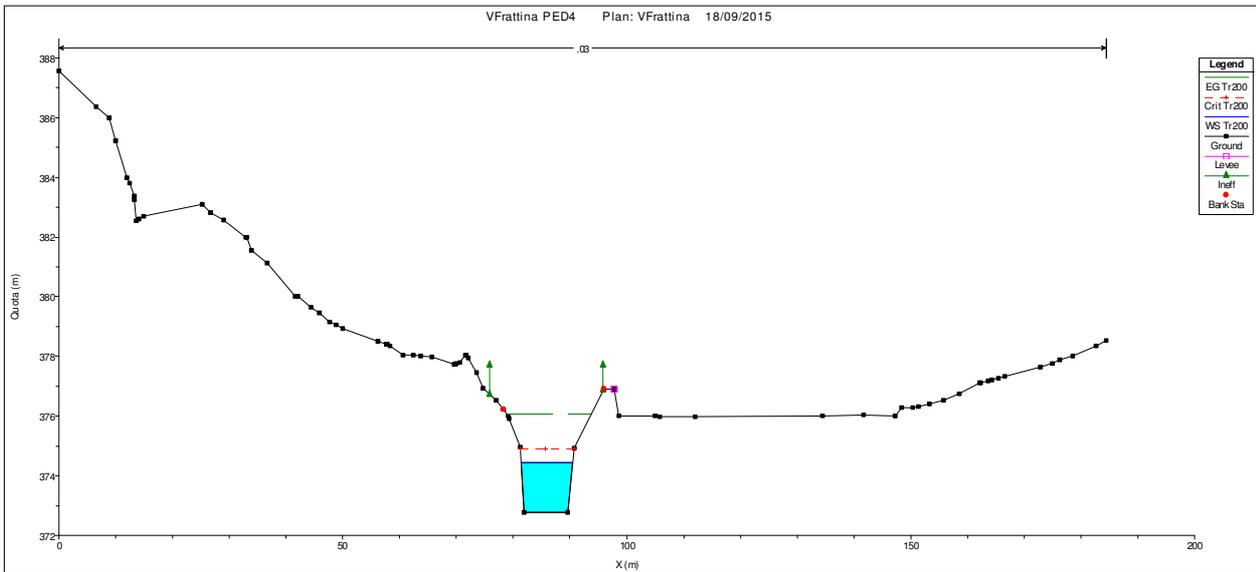
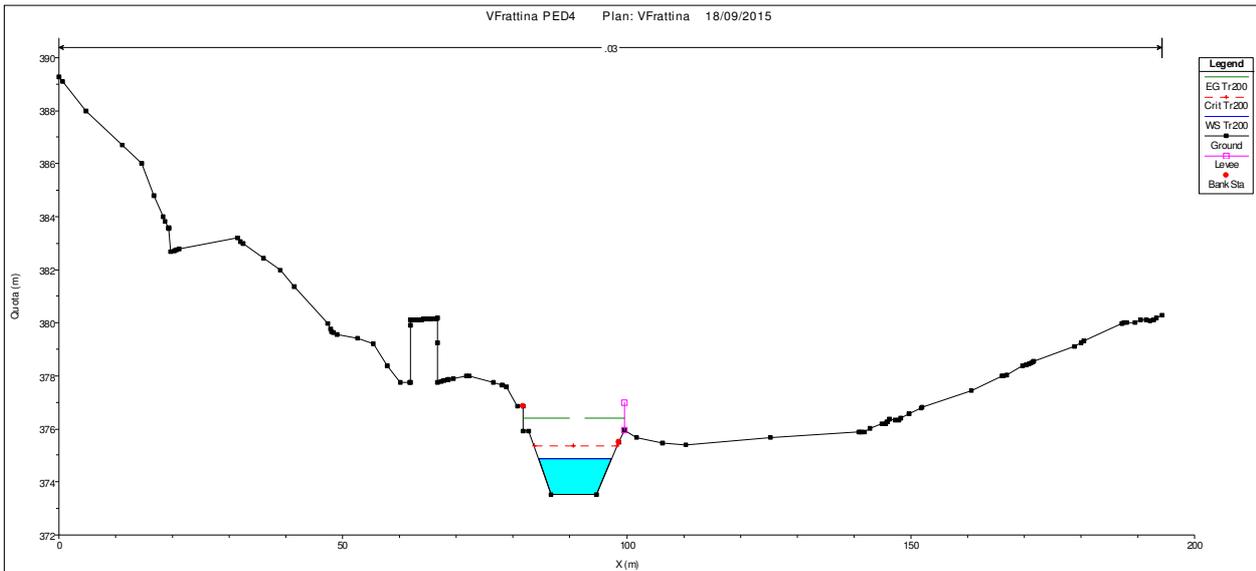
11.1 Profilo longitudinale di progetto (tratto interessato da modifiche)



11.2 Sezioni di progetto (tratto interessato da modifiche)



MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo



MT 149 - Nuovo Ponte su Torrente Frattina-Relazione tecnica e di calcolo

