

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

OPERE CIVILI

Opere D'Arte Maggiore - risoluzione interferenze idrauliche

IV04 – scavalco idraulico NV02

Relazione di calcolo spalle

SCALA:

-

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

I A 5 F 0 1 D 7 8 C L I V 0 4 0 4 0 0 1 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	P.MANNI	07/2019	N.MANCUSO	07/2019	F.GERNONE	07/ 2019	D. TIBERTI Dicembre 2020
B	Emissione a seguito osservazioni CSLPP	P.MANNI	Dicembre 2020	N.MANCUSO <i>Nico Mancuso</i>	Dicembre 2020	F.GERNONE <i>Felice Gernone</i>	Dicembre 2020	 ITALFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Direzione Scelta UO Infrastrutture Sud Dott. Ing. Dario Tiberti Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10876

File: IA5F01D78CLIV0404001B

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA.....	5
1.1	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	6
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
3	MATERIALI	10
3.1	FONDAZIONI – PALI.....	10
3.2	ELEVAZIONE SOTTOSTRUTTURE.....	10
3.3	ACCIAIO B450C.....	11
3.4	VERIFICA S.L.E.....	11
3.4.1	<i>Verifiche alle tensioni</i>	11
3.4.2	<i>Verifiche a fessurazione</i>	12
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	14
4.1	TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO.....	14
4.2	TERRENO DI FONDAZIONE	14
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	15
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO.....	15
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....	15
5.3	AZIONI SISMICHE SULLE SPALLE	18
5.4	SOVRASPINTA SISMICA DEL TERRENO	19
6	VERIFICHE.....	20
6.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	20

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IV0404 001	DOCUMENTO 	REV. B

6.1.1	Verifiche geotecniche (GEO).....	20
6.1.2	Verifiche strutturali (STR).....	20
7	ANALISI E VERIFICHE SPALLA B (LATO APPOGGI FISSI).....	22
7.1	GENERALITÀ.....	22
7.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE SPALLE.....	22
7.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO.....	23
7.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA.....	24
7.5	GEOMETRIA DELLA SPALLA.....	25
7.6	ANALISI DEI CARICHI.....	27
7.6.1	Peso proprio elementi strutturali (g_1).....	28
7.6.2	Carichi trasmessi dall'impalcato.....	28
7.6.3	Sovraccarico terrapieno.....	28
7.6.4	Spinta statica (g_3).....	28
7.6.5	Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche.....	29
7.6.6	Incremento di spinta del terrapieno.....	30
7.6.7	Inerzia terrapieno.....	31
7.6.8	Inerzie strutturali.....	31
7.6.9	Calcolo delle sollecitazioni in testa pali.....	31
7.6.10	Riepilogo risultati.....	31
7.7	SOLLECITAZIONI.....	34
7.7.1	Muro paraghiaia.....	35
7.7.2	Muro frontale.....	36

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B

7.7.3	<i>Plinto di fondazione</i>	37
7.7.4	<i>Pali di fondazione</i>	38
8	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI_ MURO , ZATTERA DI FONDAZIONE	39
8.1.1	<i>Paragliaia</i>	42
8.1.2	<i>Muro frontale</i>	48
8.1.3	<i>Zattera di fondazione</i>	54
8.1.3.1	Unghia anteriore platea fondazione	54
8.1.4	<i>Muro andatore</i>	56
8.2	CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE DEL PALO DI FONDAZIONE.....	63
8.2.1	<i>Calcolo capacità portante (STATICO) - CD</i>	63
8.2.2	<i>Calcolo capacità portante (SISMICO) - CD</i>	65
8.2.3	<i>Calcolo capacità portante (STATICO) - CU</i>	67
8.2.4	<i>Calcolo capacità portante (SISMICO) - CU</i>	69
8.3	CARICO LIMITE ORIZZONTALE.....	70
8.4	VERIFICHE STRUTTURALI PALO.....	75
8.4.1	<i>Caso – Palo Con F_orizzontale (SLU)</i>	79
8.4.2	<i>Caso – Palo Con F_orizzontale (SLV)</i>	80
8.4.3	<i>Caso – Palo Con F_orizzontale (SLE)</i>	81
8.5	GIUNTO DI DILATAZIONE.....	82

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 5 DI 83

1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo delle opere relative alla nuova linea Ferrandina-Matera La Martella per il collegamento di matera con la rete ferroviaria nazionale.

In particolare, ha per oggetto le verifiche secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) delle sottostrutture dell'impalcato da ponte di prima categoria dell'IV04.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le disposizioni vigenti in Italia e con riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale, secondo il DM 17 gennaio 2018.

L'opera in oggetto è progettata per una vita nominale V_N pari a 50 anni. Gli si attribuisce inoltre una classe d'uso II ai sensi del D. M. 17/01/2018, da cui scaturisce un coefficiente d'uso $C_U = 1$.

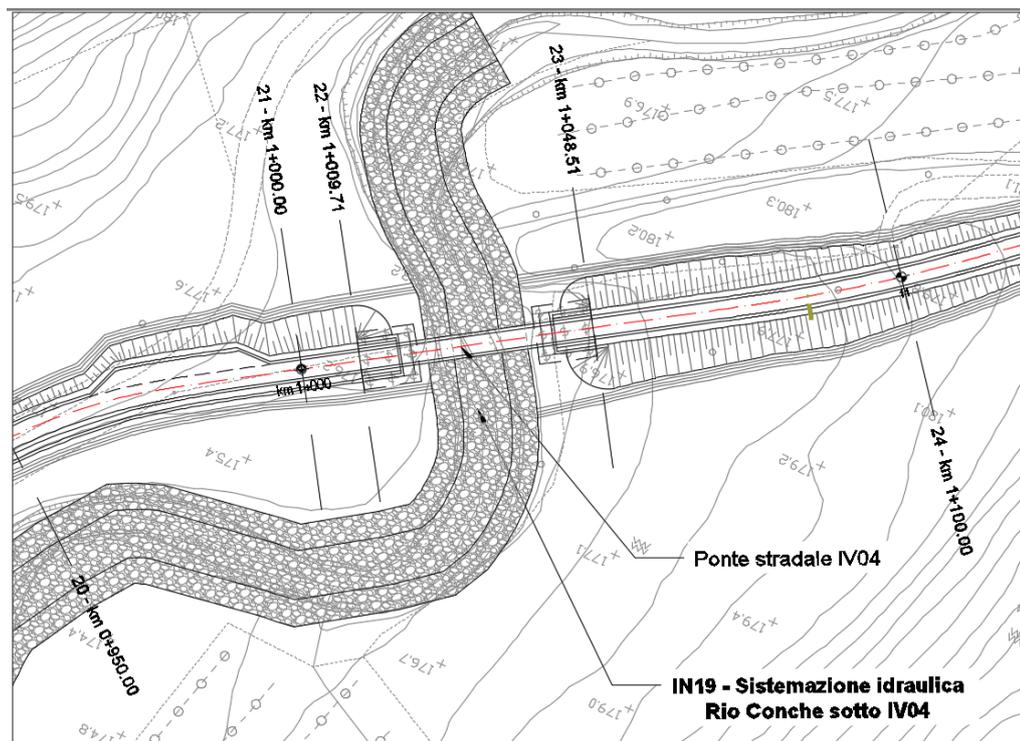


Fig. 1 – Stralcio planimetrico – ubicazione opera d'arte

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IV0404 001	DOCUMENTO 	REV. B

1.1 Descrizione della struttura

Le sottostrutture, oggetto della presente relazione, sono di tipo tradizionale, in particolare le spalle poggiano su 9 pali di diametro Ø1200.

Le spalle presentano un'altezza del paramento a tergo del terreno di circa 5.8 m e 6.1 m, spessore del fusto di 2.20 m; la zattera di fondazione ha spessore 2.00 m.

La trave paraghiaia che contiene il terreno immediatamente a ridosso dell'impalcato ha uno spessore di 40 cm per un'altezza di 2.35 m per entrambe le spalle.

Si riportano a seguire le immagini delle carpenteria dell'opera in oggetto, per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.

In favore di sicurezza verrà calcolata la spalla **B** di altezza maggiore.

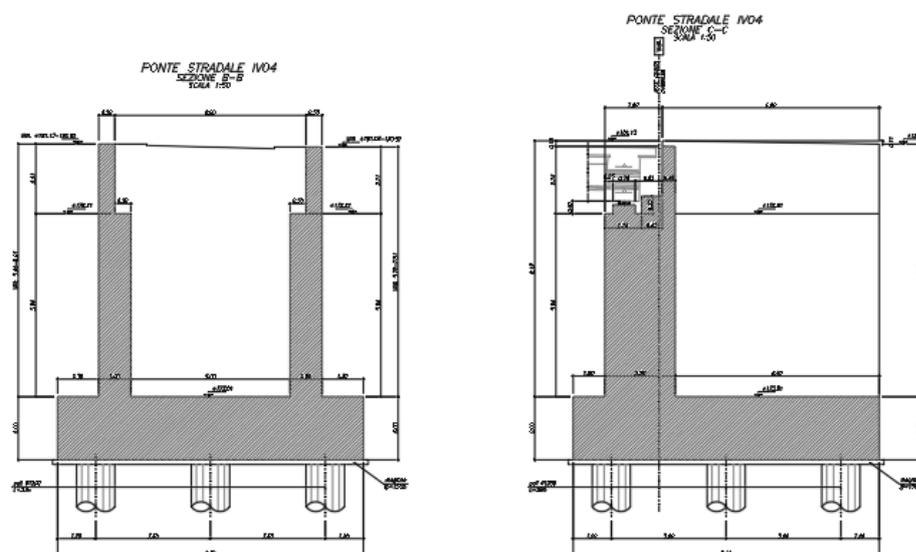
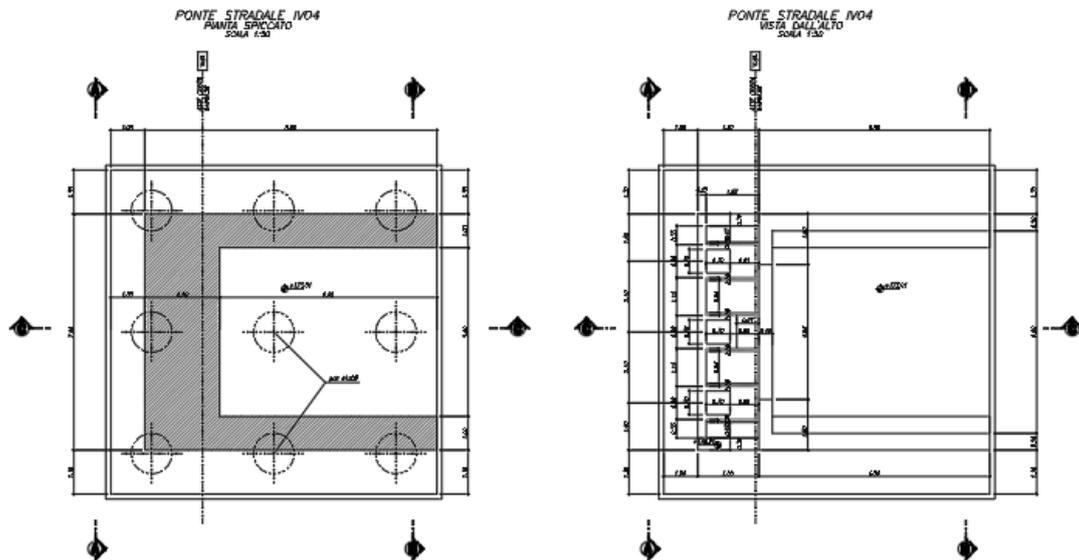
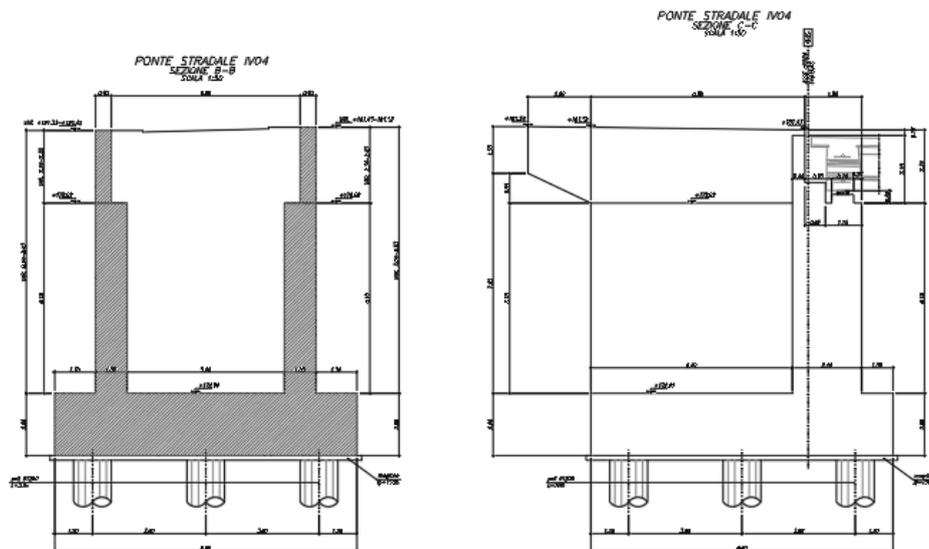


Fig. 2 – Spalla A - sezioni


Fig. 3 – Spalla A - piante

Fig. 4 – Spalla B - sezioni

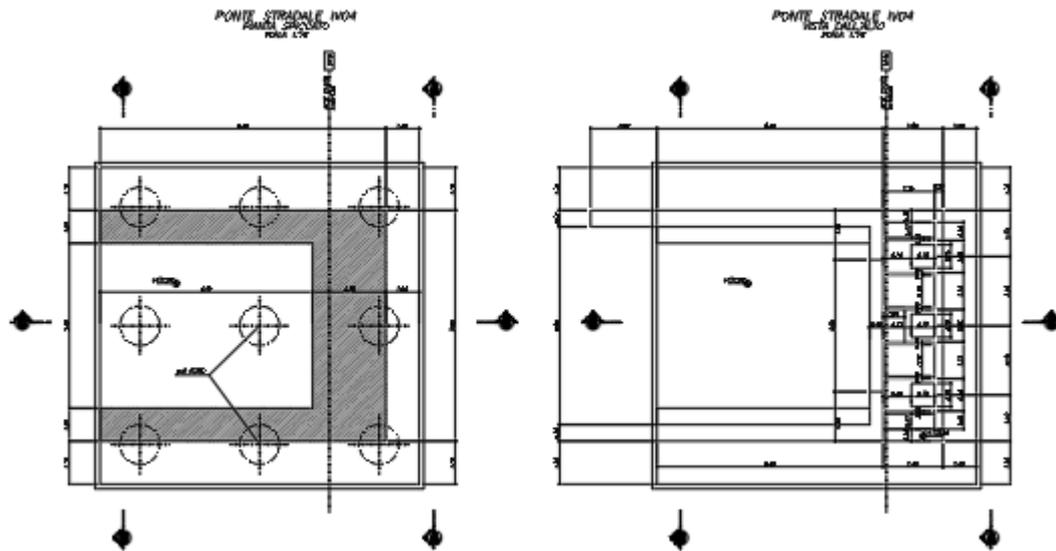


Fig. 5 – Spalla B - piante

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 9 DI 83

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

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

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- L. n. 64 del 2/2/1974“Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- L. n. 1086 del 5/11/1971“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18;
- Circolare n. 7 del 21 Gennaio 2019 - Istruzioni per l’Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea.
- Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- RFI DTC SI MA IFS 001 C del 2018 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- RFI DTC SI SP IFS 001 C del 2018 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- UNI EN 206-1:2006 Parte 1: Calcestruzzo-Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- Decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 361 del 26 settembre 2017,Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale;
- EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- EUROCODICE 7: progettazione geotecnica
- Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 10 DI 83

3 MATERIALI

3.1 Fondazioni – pali

Per le strutture in fondazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC2

C25/30: $f_{ck} \geq 25$ MPa $R_{ck} \geq 30$ MPa

Classe minima di consistenza: S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	30	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	24,90	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32,90	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	16,60	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	14,11	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	2,56	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1,79	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3,07	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,19	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	31447	N/mm ²

3.2 Elevazione sottostrutture

Per le strutture in elevazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC4

C32/40: $f_{ck} \geq 32$ MPa $R_{ck} \geq 40$ MPa

Classe minima di consistenza: S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33,20	N/mm ²

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B

Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41,20	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22,13	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18,81	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	3,10	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2,17	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,72	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,45	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm ²

3.3 Acciaio B450C

Tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} = 450 \text{ MPa};$
Tensione di progetto:	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m$
in cui $\gamma_m = 1.15$	$f_{yd} = 450 / 1.15 = 391.3 \text{ MPa};$
Modulo Elastico	$E_s = 210'000 \text{ MPa}.$

3.4 Verifica S.L.E.

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attesa, secondo quanto di seguito specificato

3.4.1 Verifiche alle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente a trazione" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "RFI DTC SI PS MA IFS 001 C", ovvero:

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 12 DI 83

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- per combinazione di carico caratteristica (rara): $0,55 f_{ck}$;
- per combinazioni di carico quasi permanente: $0,40 f_{ck}$;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare $0,75 f_{yk}$

Per il caso in esame risulta in particolare :

CALCESTRUZZO

$$\sigma_{\text{cmax QP}} = (0,40 f_{ck}) = \boxed{13.28} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{\text{cmax R}} = (0,55 f_{ck}) = \boxed{18.26} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

ACCIAIO

$$\sigma_{s \text{ max}} = (0,75 f_{yk}) = \boxed{338} \text{ MPa} \quad \text{Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)}$$

3.4.2 Verifiche a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B

Tabella 1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤w ₂	ap. fessure	≤w ₃
		quasi permanente	ap. fessure	≤w ₁	ap. fessure	≤w ₂
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤w ₁	ap. fessure	≤w ₂
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤w ₁
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤w ₁
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤w ₁

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Risultando:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

Data la maggior restrittività, alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal “Manuale di Progettazione delle Opere Civili” secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate nel DM 17.1.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l’apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

$$- \text{ Combinazione Caratteristica (Rara)} \quad \delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura riportata al C4.1.2.2.4.5 della Circolare n. 7/19.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Si rimanda alla relazione geotecnica allegata al progetto per la trattazione completa dei parametri geologico e geotecnici.

4.1 Terreno di ricoprimento/rinterro

Per il terreno di ricoprimento dell'opera sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche :

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

4.2 Terreno di fondazione

Per l'inquadramento geologico si rimanda alla "Relazione geotecnica generale" (IA5F00D78RBGE0005001) e ai relativi profili geotecnici.

La stratigrafia di calcolo viene di seguito descritta:

Sono presenti depositi alluvionali recenti (unità U1c) per spessori pressochè costante e pari a 6.5 m circa. Al di sotto di questo deposito è presente l'argilla subappenninica.

La successione stratigrafica lungo lo sviluppo dell'opera è rappresentata nel profilo stratigrafico longitudinale.

La falda non è presente.

Di seguito si riportano i parametri operativi utilizzati nei calcoli.

Parametri	Unità 1c	Unità 2
$\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$	18.5	19.5
$\phi \text{ (}^\circ\text{)}$	30	22
$c' \text{ (kPa)}$	15	30
$c_u \text{ (kPa)}$	-	225
$E_{op} \text{ (MPa)}$	70	120

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 15 DI 83

5 CARATTERIZZAZIONE 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.

5.1 Vita nominale e classe d'uso

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (V_N), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (C_U)

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: $V_N = 50$ anni. Riguardo invece la Classe d'Uso, all'opera in oggetto corrisponde una Classe II a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): $C_U = 1.0$.

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutati in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U , ovvero:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $V_R = 50 \times 1.0 = 50$ anni

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

5.2 Parametri di pericolosità sismica

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 17-01-2018, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica / V_R) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

- Categoria sottosuolo **C**

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 17.01.18, si ottiene per il sito in esame:

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 16 DI 83

La pericolosità sismica di base è stata definita sulla base delle coordinate geografiche del sito di realizzazione dell'opera:

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta



Interpolazione:

Elaborazioni grafiche

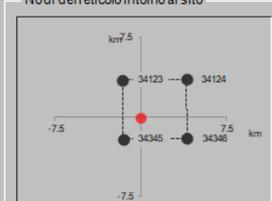
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle posti individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE $\left\{ \begin{array}{l} SLO - P_{VR} = 81\% \end{array} \right.$

$\left\{ \begin{array}{l} SLD - P_{VR} = 63\% \end{array} \right.$

Stati limite ultimi - SLU $\left\{ \begin{array}{l} SLV - P_{VR} = 10\% \end{array} \right.$

$\left\{ \begin{array}{l} SLC - P_{VR} = 5\% \end{array} \right.$

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametrizzazione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 17 DI 83

Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica.

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato: **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo: **C** info $S_S = 1.466$ info

Categoria topografica: **T1** info $h/H = 1.000$ info $C_C = 1.511$ info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%): **5** $\eta = 1.000$ info

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q : **1** Regol. in altezza: **si** info

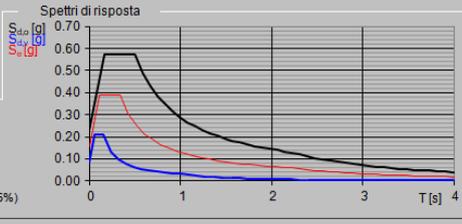
Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q : **1** $\eta = 1.000$ info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta ▶▶▶

Parametri e punti spettri di risposta ▶▶▶



Spettri di risposta

S_{d0} [g] S_{v0} [g] S_{e0} [g]

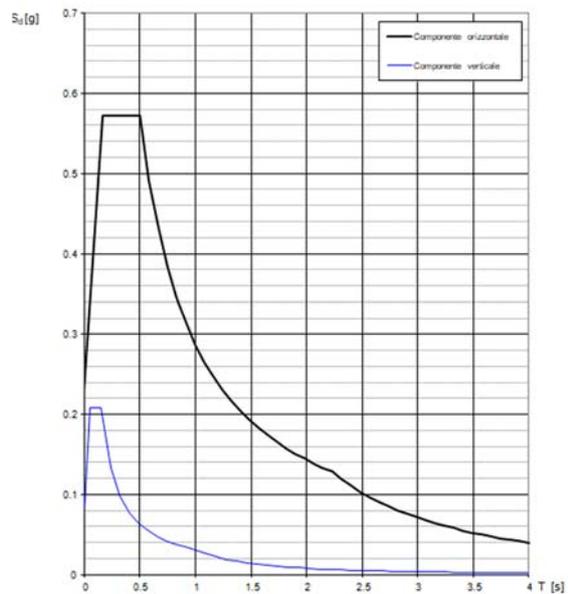
— Spettro di progetto - componente orizzontale
— Spettro di progetto - componente verticale
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO
 FASE 1
 FASE 2
 FASE 3

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limSLV

Parametri indipendenti		Punti dello spettro di risposta	
STATO LIMITE SLV		T [s]	Se [g]
a_g	0.157 g	0.000	0.231
F_v	2.480	0.167	0.572
T_c	0.332 s	0.502	0.572
S_{d0}	1.466	0.504	0.431
C_C	1.511	0.666	0.431
S_T	1.000	0.748	0.383
q	1.000	0.831	0.345
		0.913	0.314
		0.995	0.288
		1.077	0.266
		1.160	0.247
		1.242	0.231
		1.324	0.217
		1.406	0.204
		1.489	0.193
		1.571	0.183
		1.653	0.173
		1.736	0.165
		1.818	0.158
		1.900	0.151
		1.982	0.145
		2.065	0.139
		2.147	0.134
		2.229	0.129
		2.313	0.119
		2.396	0.111
		2.482	0.104
		2.566	0.097
		2.651	0.091
		2.735	0.085
		2.819	0.080
		2.904	0.076
		2.988	0.072
		3.072	0.068
		3.157	0.064
		3.241	0.061
		3.325	0.058
		3.410	0.055
		3.494	0.052
		3.578	0.050
		3.663	0.048
		3.747	0.046
		3.831	0.044
		3.916	0.042
		4.000	0.040

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV



Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudo statico, si eseguirà un calcolo elastico assumendo un fattore di struttura unitario. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 18 DI 83

5.3 Azioni sismiche sulle Spalle

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:

$$\text{Forza sismica orizzontale} \quad F_h = k_h W$$

$$\text{Forza sismica verticale} \quad F_v = k_v W$$

I valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v , relativi allo stato limite considerato, sono posti pari all'ordinata dello spettro di progetto corrispondente al periodo $T=0$, per le due componenti orizzontali, mentre per la componente verticale viene considerata un'accelerazione pari alla metà di quella orizzontale.

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.

Nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di specifici studi si deve assumere che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B

Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente β_m , 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.

5.4 Sovrappinta sismica del terreno

In assenza di uno studio più dettagliato che prenda in considerazione la rigidità relativa, il tipo di movimento e la massa dell'opera di sostegno, si assume che la forza dovuta alla spinta dinamica del terreno sia valutata con la teoria di Wood ed agisca con un'inclinazione rispetto alla normale al muro uguale a zero:

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

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

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%.

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

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

In assenza di uno studio più dettagliato che prenda in considerazione la rigidità relativa, il tipo di movimento e la massa dell'opera di sostegno, si assume che la forza dovuta alla spinta dinamica del terreno sia applicata a metà altezza del muro ed agisca con un'inclinazione rispetto alla normale al muro uguale a zero.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 20 DI 83

6 VERIFICHE

6.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

6.1.1 Verifiche geotecniche (GEO)

Si rimanda alla relazione geotecnica allegata al presente progetto.

6.1.2 Verifiche strutturali (STR)

➤ Verifica al taglio

La verifica di resistenza di elementi in c.a. sprovvisti di specifiche armature trasversali resistenti a taglio si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm)

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \times d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$)

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ è la tensione media di compressione della sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$)

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm)

➤ Verifica a presso-flessione

Con riferimento alla sezione pressoinflessa rappresentata in Figura 1 assieme ai diagrammi $\sigma - \epsilon$ dell'acciaio, la verifica di resistenza (SLU) si esegue controllando che:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IV0404 001	DOCUMENTO 	REV. B	FOGLIO 21 DI 83

dove:

M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a $N_{Rd} = N_{Ed}$;

N_{Ed} è il valore di progetto della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;

M_{Ed} è il valore di progetto della componente flettente dell'azione.

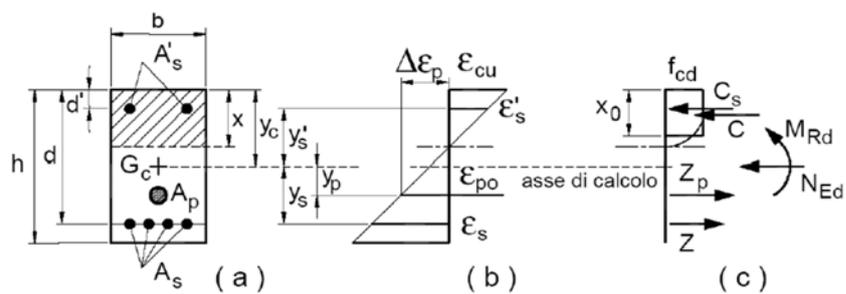
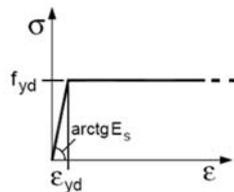


Figura 1 - Sezione presso-inflessa



Per l'acciaio d'armatura il diagramma tensioni-deformazioni è quello riportato nella figura sopra, mentre per il calcestruzzo si è assunto un diagramma rettangolare (stress-block) ottenuto considerando $x_0 = 0,80 x$.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B

7 ANALISI E VERIFICHE SPALLA B (LATO APPOGGI FISSI)

7.1 Generalità

Le due spalle presentano una configurazione a paramento di spessore 220 cm e muri di risvolto per il contenimento del rilevato retrostante di spessore 100 cm. L'altezza delle due spalle (escluso paraghiaia) è di circa 5.80 m ed 6.10 m .

Entrambe le spalle hanno in testa un paraghiaia di spessore 40 cm ed altezza pari a circa 235cm.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 120cm collegate in testa da una platea di spessore 200cm.

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 spiccatto della fondazione; l'analisi viene riportata nelle pagine seguenti.

7.2 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, muro frontale e muri laterali 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.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 23 DI 83

7.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

Nel seguito si riportano le azioni considerate ai fini della valutazione delle sollecitazioni agenti sulle sottostrutture e, quindi, alle verifiche strutturali.

Si considerano le seguenti condizioni elementari:

- Condizione 1 : Peso proprio elementi strutturali (g1)
- Condizione 2 : Carichi permanenti portati (g2)
- Condizione 3 : Spinta statica (g3)
- Condizione 4 : Carichi mobili (q1+q2)
- Condizione 5 : Forza di frenatura (q3)
- Condizione 6 : Vento (q5)
- Condizione 7 : Sisma longitudinale (q6,L)
- Condizione 8 : Sisma trasversale (q6,T)
- Condizione 9 : Sisma verticale (q6,V)

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

- asse X coincidente con l'asse longitudinale del ponte;
- asse Y coincidente con l'asse trasversale del ponte;
- 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).

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 24 DI 83

Combinazioni di carico SLU

	Descrizione	Peso proprio	Permanenti	Centrifuga		ced. Vincolari	Ritiro	Var. termiche	Viscosità	C. mobili	Frenatura	Vento ponte carico	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z	attrito vincoli
AZIONI SLU GEO	C.C. GEO 1	1.00	1.00	0.00		1.00	1.00	0.60		0.00	0.00	1.30				0.86
	C.C. GEO 2	1.00	1.00	0.00		1.00	1.00	0.60		1.15	0.00	0.78				0.86
	C.C. GEO 3	1.00	1.00	0.00		1.00	1.00	0.60		0.86	1.30	0.78				0.86
	C.C. GEO 4	1.00	1.00	1.30		1.00	1.00	0.60		0.86	0.00	0.78				0.86
AZIONI SLU STR	C.C. SLU 1	1.00	1.00	0.00			1.20	0.72		1.35	0.00	0.90				1.01
	C.C. SLU 2	1.35	1.35	0.00			1.20	0.72		1.35	0.00	0.90				1.01
	C.C. SLU 3	1.00	1.00	0.00			1.20	0.72		1.01	1.50	0.90				1.01
	C.C. SLU 4	1.35	1.35	0.00			1.20	0.72		1.01	1.50	0.90				1.01
	C.C. SLU 5	1.00	1.00	1.50			1.20	0.72		1.01	0.00	0.90				1.01
	C.C. SLU 6	1.35	1.35	1.50			1.20	0.72		1.01	0.00	0.90				1.01
	C.C. SLU 7	1.00	1.00	0.00			1.20	0.72		1.00	0.00	1.50				1.01
	C.C. SLU 8	1.35	1.35	0.00			1.20	0.72		1.00	0.00	1.50				1.01
	C.C. SLU 9	1.00	1.00	0.00			1.20	0.72		0.00	0.00	0.00				1.01
	C.C. SLU 10	1.35	1.35	0.00			1.20	0.72		0.00	0.00	0.00				1.01
AZIONI SLE	C.C. SLE Rara	1.00	1.00	1.00			1.00	0.72		1.00	1.00	0.60				
	C.C. SLE Frequente	1.00	1.00	0.75			1.00	0.60		0.75	0.75	0.20				
	C.C. SLE Q.P.	1.00	1.00	0.00			1.00	0.50		0.00	0.00	0.00				
SISMA	Sisma X Nmax+	1.00	1.00							0.20			1.00	0.30	0.30	
	Sisma Z Nmax+	1.00	1.00							0.20			0.30	0.30	1.00	
	Sisma Y Nmax+	1.00	1.00							0.20			0.30	1.00	0.30	
	Sisma X Nmax-	1.00	1.00							0.20			1.00	0.30	-0.30	
	Sisma Z Nmax-	1.00	1.00							0.20			0.30	0.30	-1.00	
	Sisma Y Nmax-	1.00	1.00							0.20			0.30	1.00	-0.30	

7.4 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

7.5 Geometria della spalla

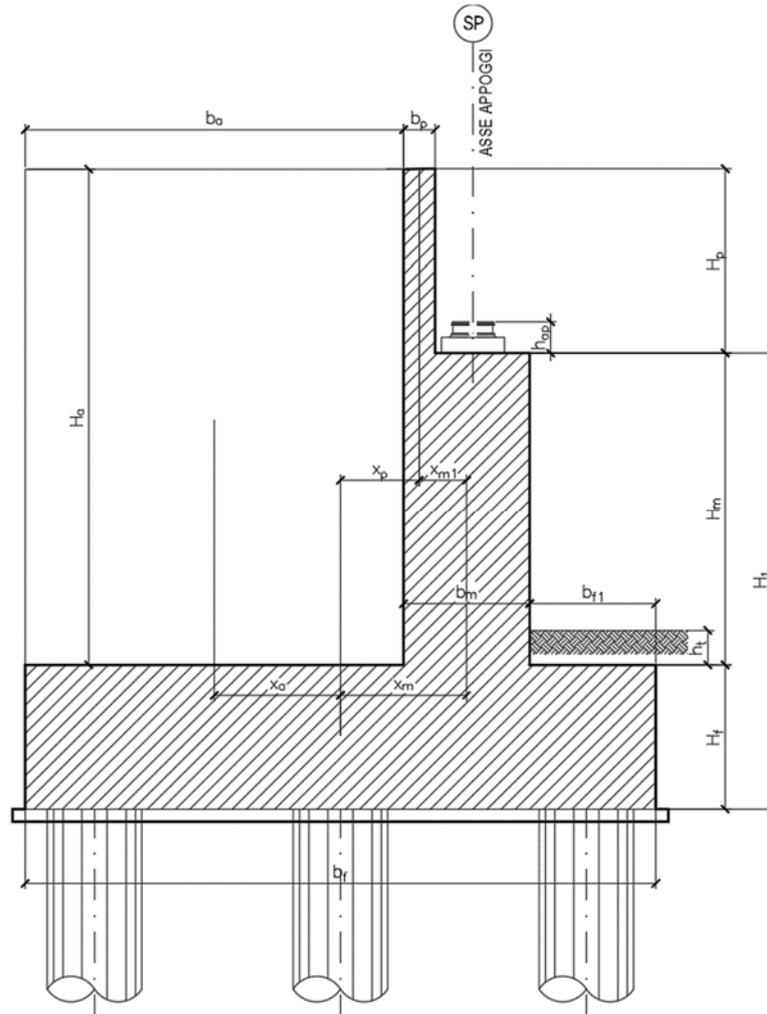
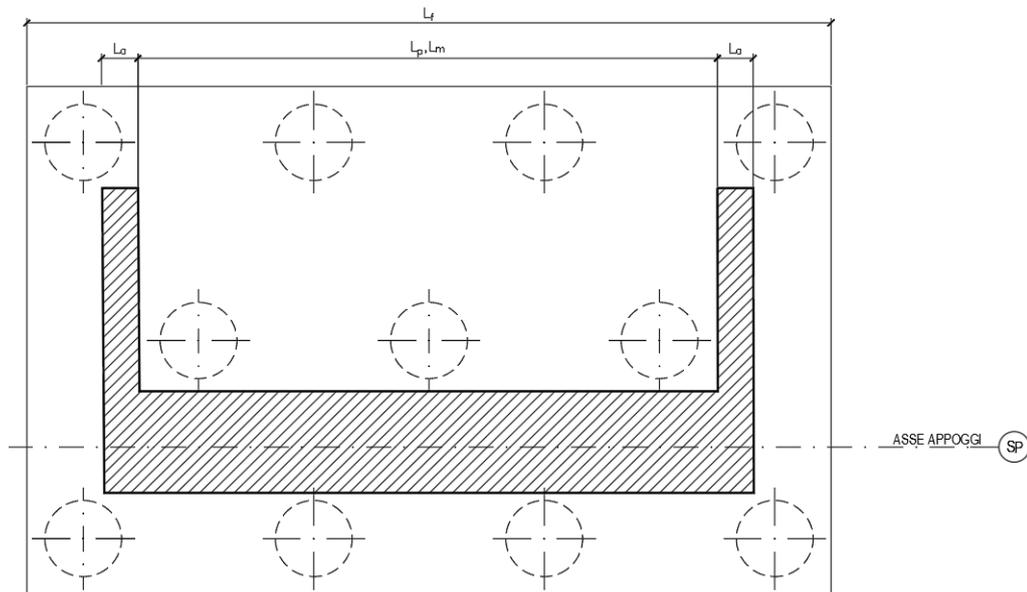


Figura 6 – Significato dei simboli: sezione

**Figura 7 – Significato dei simboli: pianta**

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 27 DI 83

Generali			
Peso cls	g_{cls}	25	kN/m^3
Peso terreno	g_t	20	kN/m^3
Sovraccarico accidentale sul rilevato	q_{acc}	20.0	kN/m^2
Altezza appoggio + baggiolo	h_{ap}	0.40	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	H_1	8.50	m
Paraghiaia			
Altezza	H_p	2.35	m
Lunghezza lungo asse X	b_p	0.4	m
Lunghezza lungo asse Y	L_p	6.00	m
Distanza tra i muri andatori dir. Y		6.00	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_p	1.80	m
Muro frontale			
Altezza	H_m	6.10	m
Lunghezza lungo asse X	b_m	2.20	m
Lunghezza lungo asse Y	L_m	5.00	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_m	2.70	m
Coordinata X del baricentro rispetto paraghiaia	x_{m1}	0.90	m
Distanza asse baggioli- asse muro frontale		0.50	m
Plinto			
Altezza	H_f	2.00	m
Lunghezza lungo asse X	b_f	9.60	m
Lunghezza lungo asse Y	L_f	9.60	m
Mensola anteriore plinto	b_{f1}	1.00	m
Spessore ricoprimento medio	h_t	1.00	m
Distanza ricoprimento - baricentro plinto		4.30	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto		3.20	m
Muro andatore			
Altezza	H_a	8.45	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse Y	L_a	1.00	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse X	b_a	6.40	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_a	-1.60	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno (φ)		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo		▼	$K_0 = 0.426$
Sisma			
S_s		1.466	
a_g		0.157	
Coefficiente riduttivo		1.00	
Coefficiente sismico orizzontale	k_{th}	0.230	
Coefficiente per sisma verticale	k_v	0.115	
% del carico mobile su impalcato nell'azione sismica		20%	

Tabella 2 – Dati di input

7.6 Analisi dei carichi

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 28 DI 83

7.6.1 Peso proprio elementi strutturali (g_1)

➤ *Peso proprio strutture*

I pesi degli elementi strutturali sono dedotti utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m^3 .

7.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

Si riportano di seguito gli scarichi agli appoggi dedotti dall'analisi dell'impalcato, a cui si rimanda per le reazioni sugli appoggi derivanti dall'analisi dell'impalcato cap.7.12 (un appoggio fisso centrale e due appoggi multidirezionali longitudinali ai lati):

Appoggio	Descrizione carico	A			B			C			biz	Mx	My
		FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]			
	Peso proprio+permanenti	g_1+g_2	632		599		632			0.00	0	0	
	C. Mobili disposiz. A - Max	q_{1a}	431		349		260			0.00	359	0	
	Frenatura	q_3				428				1.95	0	835	
	Vento a ponte carico	q_5				211				2.37	0	0	
	Sisma longitudinale	q_6				953				0.95	0	906	
	Sisma trasversale	q_6				477				0.95	0	0	
	Sisma verticale	q_6	79		79		79			0.00	0	0	
	Attrito dei vincoli	q_7		32		28		27		0.00	0	0	

7.6.3 Sovraccarico 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 $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

7.6.4 Spinta statica (g_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 $K_o = 1 - \sin \phi$ (si rimanda alla tabella 2: dati di input).

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

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IV0404 001	DOCUMENTO 	REV. B

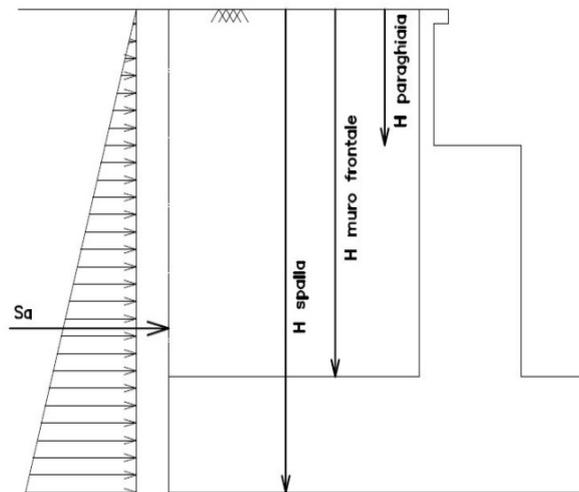


Fig. 8 Spinta statica terreno di rinterro

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

Parametri Geotecnici Terreno di riempimento		
γ [kN/m³]	φ' [°]	c' [kPa]
20	35	0

Tabella 3 – Caratteristiche terreno di riempimento

7.6.5 Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche

In aggiunta in condizioni statiche si considera un sovraccarico accidentale pari a $Q = 20.0 \text{ kN/m}^2$ gravante sulla spalla e sul cuneo di spinta a tergo di essa

La presenza del sovraccarico Q genera una spinta pari a:

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

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

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IV0404 001	DOCUMENTO 	REV. B

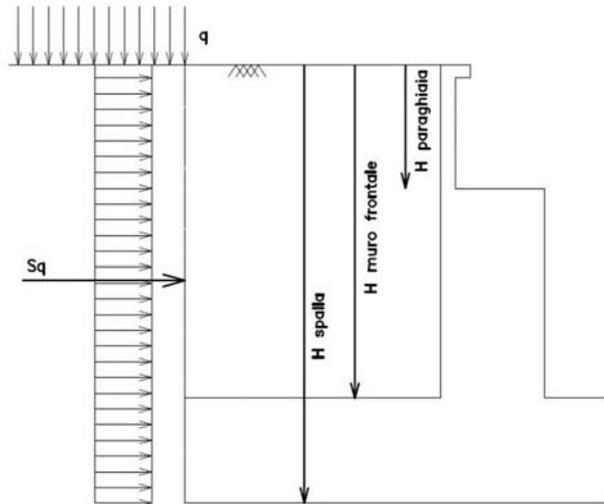


Fig. 9 : Spinta statica sovraccarico accidentale

$$S_q = 20 * 0.426 = 8.52 \text{ kN/ m}^2$$

7.6.6 Incremento di spinta del terrapieno

L'incremento dinamico della spinta del terrapieno è stata valutata in accordo alla formulazione data da Wood, generalmente impiegata per muri rigidamente vincolati in cui si associa tale incremento alla spinta litostatica valutata con coefficiente di spinta a riposo K_0 .

L'incremento di spinta è proporzionale all'altezza del fronte di spinta e del coefficiente sismico orizzontale, mentre non dipende dal tipo di terreno, questo perché è una teoria basata sulla propagazione dell'onda sismica in un mezzo elastico isotropo, quindi lontano dalle condizioni di rottura del terreno. Il valore di tale incremento è :

$$\Delta PE = \gamma_s * H_s^2 * k_h$$

Dove:

γ_s peso specifico del terreno adottata

k_h coefficiente sismico orizzontale

H_s altezza complessiva del fronte di spinta

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B

7.6.7 Inerzia terrapieno

Si valutano le inerzie legate alla massa del terrapieno confinato a tergo:

$$F_{i,T} = k_h \cdot W_{terr} \text{ (si rimanda alle tabelle seguenti "azioni sulla spalla")}$$

7.6.8 Inerzie strutturali

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

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

In fase sismica si considerano agenti i carichi mobili con un coefficiente $\psi_{2j} = 0,2$.

7.6.9 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.

7.6.10 Riepilogo risultati

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

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 32 DI 83

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

- Le sollecitazioni al livello del piano di fondazione in termini di sforzo normale N, forza orizzontale T e momento ribaltante M.
- Per i carichi sui pali in termini di N_{max} , N_{min} , T ed M. Il momento sul singolo palo viene calcolato come $M = T * \lambda/2$, essendo λ la lunghezza elastica del palo immerso in un terreno alla Winkler con costante k.

PARAGHIAIA

AZIONI SU SPALLA [kN,m]

cond statica

Descrizione carico		F_Z	F_X	F_Y	b_{ix}	b_{iy}	b_{iz}	M_x	M_y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	141			0.00	0.00	1.18	0	0
Rinterro	g3		141		0.00	0.00	0.78	0	111
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	2.35	0	423
Sovr. acc. sul rilevato			120		0.00	0.00	1.18	0	141

cond sismica x

Descrizione carico		F_Z	F_X	F_Y	b_{ix}	b_{iy}	b_{iz}	M_x	M_y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	0	32	0	0.00	0.00	1.18	0	38
Rinterro	Inerzia		415				1.18	0	488
	Sovraspinta		178				1.18	0	209
Rinterro [totale]			593					0	697
Sovr. acc. sul rilevato			28		0.00	0.00	1.18	0	33
Totale generale			653					0	768

cond sismica y

Descrizione carico		F_Z	F_X	F_Y	b_{ix}	b_{iy}	b_{iz}	M_x	M_y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	0	0	32	0.00	0.00	1.18	38	0

cond sismica vert

Descrizione carico		F_Z	F_X	F_Y	b_{ix}	b_{iy}	b_{iz}	M_x	M_y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]

SPICCATO MURO FRONTALE

AZIONI SU SPALLA [kN,m]

cond statica

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	141	0	0	0.90		7.28	0	127
Muro frontale	g1	1678	0	0			3.05	0	0
Totale Permanenti		1819	0	0				0	127
Rinterro	g3		2131	0			2.82	0	6003
Sovr. acc. sul rilevato			432	0			4.23	0	1827

cond sismica x

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6		32		0.90	0.00	7.28	0	236
Muro frontale	q6		386		0.00	0.00	3.05	0	1178
Pesi propri [totale]			419						1414
Rinterro	Inerzia		1245				4.23	0	5259
	Sovraspinta		2301				4.23	0	9721
Rinterro [totale]			3545						14980
Sovr. acc. sul rilevato			100				4.23	0	420
Totale generale			4064						16814

cond sismica y

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6			32	0.90	0.00	7.28	236	0
Muro frontale	q6			386	0.00	0.00	3.05	1178	0
Rinterro					0.00	0.00	0.00	0	0
Totale generale				419				1414	0

cond sismica vert

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	16			0.90	0.00	7.28	0	15
Muro frontale	q6	193			0.00	0.00	3.05	0	0
Totale generale		209						0	15

FONDAZIONE

AZIONI SU SPALLA [kN,m]

cond statica

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	141			1.80	0.00	9.28	0	254
Muro frontale	g1	1678			2.70	0.00	5.05	0	4529
Plinto	g1	4608			0.00	0.00	1.00	0	0
Muri andatori	g1	2704			-1.60	0.00	6.23	0	-4326
Totale Permanenti		9131						0	457
Rinterro	g3	5408			-1.60	0.00	6.23	0	-8653
Ricop. Plinto	g3	639			4.30	0.00	2.50	0	2749
Sovr. acc. sul rilevato		768			-1.60	0.00	10.45	0	-1229
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		3260		-1.60	0.00	3.48	0	11354
Sovr. acc. sul rilevato			535		0.00	0.00	5.23	0	2794

AZIONI SU SPALLA [kN,m]

cond sismica x

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q5		32		1.80	0.00	9.28	0	301
Muro frontale	q5		386		2.70	0.00	5.05	0	1950
Plinto	q5		1061		0.00	0.00	1.00	0	1061
Muri andatori	q5		622		-1.60	0.00	6.23	0	3874
Pesi propri (totale)			2101						7186
Rinterro	Inerzia		1245		-1.60	0.00	6.23	0	7748
	Sovraspinta		3519		-1.60	0.00	5.23	0	18386
Rinterro (totale)			4764						26134
Sovr. acc. sul rilevato			123		-1.60		5.23	0	643
Totale generale			6988						33963

cond sismica y

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q5			32	1.80	0.00	9.28	301	0
Muro frontale	q5			386	2.70	0.00	5.05	1950	0
Plinto	q5			1061	0.00	0.00	1.00	1061	0
Muri andatori	q5			622	-1.60	0.00	6.23	3874	0
Pesi propri (totale)				2101				7186	0
Rinterro	Inerzia			1245	0.00		6.23	7748	0
	Sovraspinta			3897			6.23	24261	0
Rinterro (totale)				5142				32009	0
Sovr. acc. sul rilevato				123	-1.60		10.45	1286	0
Totale generale				7367				40481	0

cond sismica vert

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q5	16			1.80	0.00	9.28	0.00	29
Muro frontale	q5	193			2.70	0.00	5.05	0.00	521
Plinto	q5	530			0.00	0.00	1.00	0.00	0
Muri andatori	q5	311			-1.60	0.00	6.23	0.00	-498
Rinterro	q5	622			-1.60	0.00	6.23	0.00	-996
Ricop. Plinto	q5	74			4.30	0.00	2.50	0.00	316
Totale generale		1747						0.00	-627

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 35 DI 83

7.7.1 Muro paraghiaia

In condizioni statiche il muro paraghiaia è sollecitato dalla spinta a riposo del rilevato, dalla spinta dei sovraccarichi accidentali, dai sovraccarichi mobili agenti sulla mensola del muro e dall'azione di frenatura. In condizioni sismiche il muro paraghiaia è sollecitato dalla spinta attiva e sismica del rilevato, dalle masse del muro e della mensola. Il modello di calcolo utilizzato è quello di mensola incastrata al muro frontale.

		CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DEL PARAGHIAIA				
		COMB. DI CARICO	N _{z,A} [kN]	M _{yy} [kNm]	M _{xx} [kNm]	T _{x,A} [kN]
AZIONI GEO	C.C. GEO 1	141	111	0	141	0
	C.C. GEO 2	141	273	0	280	0
	C.C. GEO 3	531	782	0	479	0
	C.C. GEO 4	141	233	0	245	0
AZIONI SLU STR	C.C. SLU 1	141	301	0	304	0
	C.C. SLU 2	190	340	0	353	0
	C.C. SLU 3	591	888	0	533	0
	C.C. SLU 4	640	927	0	583	0
	C.C. SLU 5	141	254	0	263	0
	C.C. SLU 6	190	292	0	313	0
	C.C. SLU 7	141	252	0	262	0
	C.C. SLU 8	190	291	0	311	0
	C.C. SLU 9	141	111	0	141	0
	C.C. SLU 10	190	149	0	191	0
AZIONI SLE	C.C. SLE Rara	441	675	0	442	0
	C.C. SLE Freq.	366	534	0	366	0
	C.C. SLE Q.P.	141	111	0	141	0
SISMA	C.C. SLV 1	305	796	11	678	10
	C.C. SLV 2	157	259	11	220	10
	C.C. SLV 3	146	259	38	220	32
	C.C. SLV 4	136	796	11	678	10
	C.C. SLV 5	125	259	11	220	10
	C.C. SLV 6	136	259	38	220	32

Tabella 4 – Sollecitazioni alla base del muro paraghiaia

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B

7.7.2 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 di riempimento.

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

		CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DEL MURO FRONTALE				
		COMB. DI CARICO	N _{z,A} [kN]	M _{yy} [kNm]	M _{xx} [kNm]	T _{x,A} [kN]
AZIONI SLU GEO	C.C. GEO 1	3682	7550	1783	2206	274
	C.C. GEO 2	4878	10249	1896	2704	165
	C.C. GEO 3	4579	14276	1689	3136	165
	C.C. GEO 4	4579	9574	1689	2579	165
AZIONI SLU STR	C.C. SLU 1	5086	10803	2204	2803	190
	C.C. SLU 2	6374	13275	2204	3549	190
	C.C. SLU 3	4735	15436	1962	3299	190
	C.C. SLU 4	6023	17908	1962	4045	190
	C.C. SLU 5	4735	10011	1962	2657	190
	C.C. SLU 6	6023	12483	1962	3403	190
	C.C. SLU 7	4722	9982	2775	2652	317
	C.C. SLU 8	6010	12453	2775	3398	317
	C.C. SLU 9	3682	7635	0	2220	0
	C.C. SLU 10	4970	10106	0	2965	0
AZIONI SLE	C.C. SLE Rara	4722	13025	1541	2992	127
	C.C. SLE Freq.	4462	11534	813	2777	42
	C.C. SLE Q.P.	3682	7062	0	2131	0
SISMA	C.C. SLV 1	4024	31817	568	5103	269
	C.C. SLV 2	4337	15169	568	1592	269
	C.C. SLV 3	4024	15076	1557	1592	895
	C.C. SLV 4	3755	31737	568	5103	269
	C.C. SLV 5	3442	14902	568	1592	269
	C.C. SLV 6	3755	14996	1557	1592	895

Tabella 5 – Sollecitazioni alla base del muro frontale

Le sollecitazioni in direzione trasversale risultano trascurabili rispetto a quelle in direzione longitudinale, tenuto anche conto della geometria della sezione del muro frontale.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 37 DI 83

7.7.3 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 e momento risultante rispetto al baricentro del plinto di fondazione.

		CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE				
		COMB. DI CARICO	N _{z,A} [kN]	T _{x,A} [kN]	T _{y,A} [kN]	M _{xx} [kNm]
AZIONI SLU GEO	C.C. GEO 1	17041	3335	274	2332	12507
	C.C. GEO 2	19120	3950	165	2225	18134
	C.C. GEO 3	18600	4352	165	2018	22542
	C.C. GEO 4	18600	3796	165	2018	16727
AZIONI SLU STR	C.C. SLU 1	19482	4070	190	2584	19224
	C.C. SLU 2	25446	5211	190	2584	23378
	C.C. SLU 3	18871	4531	190	2341	24281
	C.C. SLU 4	24836	5672	190	2341	28435
	C.C. SLU 5	18871	3889	190	2341	17572
	C.C. SLU 6	24836	5030	190	2341	21726
	C.C. SLU 7	18849	3883	317	3408	17511
	C.C. SLU 8	24813	5023	317	3408	21665
	C.C. SLU 9	17041	3348	0	0	12618
	C.C. SLU 10	23005	4489	0	0	16772
AZIONI SLE	C.C. SLE Rara	18849	4222	127	1794	21234
	C.C. SLE Freq.	18397	3982	42	897	18893
	C.C. SLE Q.P.	17041	3260	0	0	11868
SISMA	C.C. SLV 1	17998	8048	2353	13503	44505
	C.C. SLV 2	19387	2489	2353	13503	14520
	C.C. SLV 3	17998	2489	7843	44676	14425
	C.C. SLV 4	16807	8048	2353	13503	44424
	C.C. SLV 5	15417	2489	2353	13503	14248
	C.C. SLV 6	16807	2489	7843	44676	14343

Tabella 6 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IV0404 001	DOCUMENTO 	REV. B

7.7.4 Pali di fondazione

Le sollecitazioni, derivanti dal modello di calcolo, sono comprensive dei coefficienti γ_G e γ_Q previsti dalla normativa.

	Nz,A [kN]	Ty,A [kN]
SLU	4184	631
SLU	864	631
SLV	4736	932
SLV	-865	932
RARA	3160	469
RARA	1028	469
FREQ	2960	442
FREQ	1128	442
QUASI P	2443	362
QUASI P	1344	362

La verifica è stata svolta ai paragrafi 8.2 e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 39 DI 83

8 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI_ Muro , Zattera di fondazione

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, frequenti e quasi permanenti (SLE)
- verifiche a fessurazione per le combinazioni rara (SLE)

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DEL PARAGHIAIA							
			Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]
SLU GEO	Nz,A _{max}	C.C. GEO 3	531	479	0	0	782
	Tx,A _{max}	C.C. GEO 3	531	479	0	0	782
	Ty,A _{max}	C.C. GEO 1	141	141	0	0	111
	Mxx _{max}	C.C. GEO 1	141	141	0	0	111
	Myy _{max}	C.C. GEO 3	531	141	0	0	782
SLU STR	Nz,A _{max}	C.C. SLU 4	640	583	0	0	927
	Tx,A _{max}	C.C. SLU 4	640	583	0	0	927
	Ty,A _{max}	C.C. SLU 1	141	304	0	0	301
	Mxx _{max}	C.C. SLU 1	141	304	0	0	301
	Myy _{max}	C.C. SLU 4	640	304	0	0	927
SLE		C.C. SLE Rara	441	442	0	0	675
		C.C. SLE Freq.	366	366	0	0	534
		C.C. SLE Q.P.	141	141	0	0	111
SISMA	Nz,A _{max}	C.C. SLV 1	305	678	10	11	796
	Tx,A _{max}	C.C. SLV 1	305	678	10	11	796
	Ty,A _{max}	C.C. SLV 3	146	220	32	38	259
	Mxx _{max}	C.C. SLV 3	146	220	10	38	259
	Myy _{max}	C.C. SLV 1	305	220	10	11	796

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE
 INTERNA ALLA BASE DEL MURO FRONTALE**

			$N_{z,A}$ [kN]	$T_{x,A}$ [kN]	$T_{y,A}$ [kN]	M_{xx} [kNm]	M_{yy} [kNm]
SLU GEO	$N_{z,A_{max}}$	C.C. GEO 2	4878	2704	165	1896	10249
	$T_{x,A_{max}}$	C.C. GEO 3	4579	3136	165	1689	14276
	$T_{y,A_{max}}$	C.C. GEO 1	3682	2206	274	1783	7550
	$M_{xx_{max}}$	C.C. GEO 2	4878	2704	165	1896	10249
	$M_{yy_{max}}$	C.C. GEO 3	4579	2704	165	1689	14276
SLU STR	$N_{z,A_{max}}$	C.C. SLU 2	6374	3549	190	2204	13275
	$T_{x,A_{max}}$	C.C. SLU 4	6023	4045	190	1962	17908
	$T_{y,A_{max}}$	C.C. SLU 7	4722	2652	317	2775	9982
	$M_{xx_{max}}$	C.C. SLU 7	4722	2652	190	2775	9982
	$M_{yy_{max}}$	C.C. SLU 4	6023	2652	190	1962	17908
SLE		C.C. SLE Rara	4722	2992	127	1541	13025
		C.C. SLE Freq.	4462	2777	42	813	11534
		C.C. SLE Q.P.	3682	2131	0	0	7062
SISMA	$N_{z,A_{max}}$	C.C. SLV 2	4337	1592	269	568	15169
	$T_{x,A_{max}}$	C.C. SLV 1	4024	5103	269	568	31817
	$T_{y,A_{max}}$	C.C. SLV 3	4024	1592	895	1557	15076
	$M_{xx_{max}}$	C.C. SLV 6	3755	1592	269	1557	14996
	$M_{yy_{max}}$	C.C. SLV 1	4024	1592	269	568	31817

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE
 INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE**

			Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]
SLU GEO	Nz,A _{max}	C.C. GEO 2	19120	3950	165	2225	18134
	Tx,A _{max}	C.C. GEO 3	18600	4352	165	2018	22542
	Ty,A _{max}	C.C. GEO 1	17041	3335	274	2332	12507
	Mxx _{max}	C.C. GEO 1	17041	3335	165	2332	12507
	Myy _{max}	C.C. GEO 3	18600	3335	165	2018	22542
SLU STR	Nz,A _{max}	C.C. SLU 2	25446	5211	190	2584	23378
	Tx,A _{max}	C.C. SLU 4	24836	5672	190	2341	28435
	Ty,A _{max}	C.C. SLU 7	18849	3883	317	3408	17511
	Mxx _{max}	C.C. SLU 7	18849	3883	190	3408	17511
	Myy _{max}	C.C. SLU 4	24836	3883	190	2341	28435
SLE	Nz,A _{max}	C.C. SLE Rara	18849	1794	21234	127	4222
		C.C. SLE Freq.	18397	897	18893	42	3982
		C.C. SLE Q.P.	17041	0	11868	0	3260
SISMA	Nz,A _{max}	C.C. SLV 2	19387	2489	2353	13503	14520
	Tx,A _{max}	C.C. SLV 1	17998	8048	2353	13503	44505
	Ty,A _{max}	C.C. SLV 3	17998	2489	7843	44676	14425
	Mxx _{max}	C.C. SLV 3	17998	2489	2353	44676	14425
	Myy _{max}	C.C. SLV 1	17998	2489	2353	13503	44505

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B

8.1.1 Paraghiaia

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 40x700 cm

Armatura verticale

$A_s = \phi 16/10$ (lato controterra)

$A'_s = \phi 16/20$ (lato esterno)

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 12/20$

$A'_s = \phi 12/20$

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1^* \beta 2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta 1^* \beta 2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-20.0	0.0
2	-20.0	700.0

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 43 DI 83

3	20.0	700.0
4	20.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-12.0	8.0	16
2	-12.0	692.0	16
3	12.0	692.0	16
4	12.0	8.0	16

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	2	66	16
2	3	4	33	16

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	141.00	0.00	301.00	0.00	304.00
2	190.00	0.00	340.00	0.00	353.00
3	591.00	0.00	888.00	0.00	533.00
4	640.00	0.00	927.00	0.00	583.00
5	141.00	0.00	254.00	0.00	263.00
6	190.00	0.00	292.00	0.00	313.00
7	141.00	0.00	252.00	0.00	262.00
8	190.00	0.00	291.00	0.00	311.00
9	141.00	0.00	111.00	0.00	141.00
10	190.00	0.00	149.00	0.00	191.00
11	305.00	11.00	796.00	10.00	678.00
12	157.00	11.00	259.00	10.00	220.00
13	146.00	38.00	259.00	32.00	220.00
14	136.00	11.00	796.00	10.00	678.00
15	125.00	11.00	259.00	10.00	220.00
16	136.00	38.00	259.00	32.00	220.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 44 DI 83

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
Momento flettente [kNm] 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	441.00	0.00	675.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] 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 [kNm] 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	366.00	0.00 (0.00)	534.00 (690.53)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] 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 [kNm] 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	141.00	0.00 (0.00)	111.00 (718.96)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.6 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] 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	141.00	0.00	301.00	141.25	0.04	1663.38	5.52	207.1(50.2)
2	S	190.00	0.00	340.00	190.25	0.04	1669.96	4.90	207.1(50.2)
3	S	591.00	0.00	888.00	591.05	0.01	1723.63	1.94	207.1(50.2)
4	S	640.00	0.00	927.00	639.95	0.01	1730.16	1.86	207.1(50.2)
5	S	141.00	0.00	254.00	141.25	0.05	1663.38	6.53	207.1(50.2)
6	S	190.00	0.00	292.00	190.25	0.04	1669.96	5.70	207.1(50.2)
7	S	141.00	0.00	252.00	141.25	0.05	1663.38	6.58	207.1(50.2)

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 45 DI 83

8	S	190.00	0.00	291.00	190.25	0.04	1669.96	5.72	207.1(50.2)
9	S	141.00	0.00	111.00	141.25	0.11	1663.39	14.89	207.1(50.2)
10	S	190.00	0.00	149.00	190.25	0.09	1669.96	11.14	207.1(50.2)
11	S	305.00	11.00	796.00	305.09	19.58	1687.08	2.12	207.1(50.2)
12	S	157.00	11.00	259.00	156.89	65.70	1671.18	6.43	207.1(50.2)
13	S	146.00	38.00	259.00	146.23	239.64	1672.22	6.44	207.1(50.2)
14	S	136.00	11.00	796.00	136.00	24.61	1664.80	2.09	207.1(50.2)
15	S	125.00	11.00	259.00	124.75	74.34	1667.60	6.43	207.1(50.2)
16	S	136.00	38.00	259.00	135.71	237.16	1670.84	6.43	207.1(50.2)

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	0.199	20.0	700.0	-0.00091	12.0	692.0	-0.01413	-12.0	8.0
2	0.00350	0.199	20.0	700.0	-0.00089	12.0	692.0	-0.01407	-12.0	8.0
3	0.00350	0.205	20.0	700.0	-0.00076	12.0	692.0	-0.01354	-12.0	8.0
4	0.00350	0.206	20.0	700.0	-0.00074	12.0	692.0	-0.01347	-12.0	8.0
5	0.00350	0.199	20.0	700.0	-0.00091	12.0	692.0	-0.01413	-12.0	8.0
6	0.00350	0.199	20.0	700.0	-0.00089	12.0	692.0	-0.01407	-12.0	8.0
7	0.00350	0.199	20.0	700.0	-0.00091	12.0	692.0	-0.01413	-12.0	8.0
8	0.00350	0.199	20.0	700.0	-0.00089	12.0	692.0	-0.01407	-12.0	8.0
9	0.00350	0.199	20.0	700.0	-0.00091	12.0	692.0	-0.01413	-12.0	8.0
10	0.00350	0.199	20.0	700.0	-0.00089	12.0	692.0	-0.01407	-12.0	8.0
11	0.00350	0.201	20.0	700.0	-0.00085	12.0	692.0	-0.01392	-12.0	8.0
12	0.00350	0.199	20.0	700.0	-0.00088	12.0	692.0	-0.01411	-12.0	8.0
13	0.00350	0.199	20.0	700.0	-0.00086	12.0	692.0	-0.01408	-12.0	8.0
14	0.00350	0.198	20.0	700.0	-0.00090	12.0	692.0	-0.01414	-12.0	8.0
15	0.00350	0.198	20.0	700.0	-0.00089	12.0	692.0	-0.01415	-12.0	8.0
16	0.00350	0.199	20.0	700.0	-0.00087	12.0	692.0	-0.01410	-12.0	8.0

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	0.000550913	0.000000000	-0.007518304	0.199	0.700
2	0.000548929	0.000000000	-0.007478627	0.199	0.700
3	0.000532361	0.000000000	-0.007147234	0.205	0.700
4	0.000530296	0.000000000	-0.007105933	0.206	0.700
5	0.000550912	0.000000000	-0.007518308	0.199	0.700
6	0.000548929	0.000000000	-0.007478630	0.199	0.700
7	0.000550912	0.000000000	-0.007518308	0.199	0.700
8	0.000548929	0.000000000	-0.007478630	0.199	0.700
9	0.000550910	0.000000000	-0.007518339	0.199	0.700
10	0.000548927	0.000000000	-0.007478650	0.199	0.700
11	0.000543553	0.000000034	-0.007394640	0.201	0.700

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 46 DI 83

12	0.000547942	0.000000113	-0.007537986	0.199	0.700
13	0.000544979	0.000000207	-0.007544626	0.199	0.700
14	0.000550247	0.000000042	-0.007534603	0.198	0.700
15	0.000548928	0.000000128	-0.007568128	0.198	0.700
16	0.000545436	0.000000207	-0.007553706	0.199	0.700

METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [Mpa]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	304.00	1523.90	32.0	700.0	0.0092	0.05
2	S	353.00	1529.78	32.0	700.0	0.0092	0.07
3	S	533.00	1577.90	32.0	700.0	0.0092	0.21
4	S	583.00	1583.78	32.0	700.0	0.0092	0.23
5	S	263.00	1523.90	32.0	700.0	0.0092	0.05
6	S	313.00	1529.78	32.0	700.0	0.0092	0.07
7	S	262.00	1523.90	32.0	700.0	0.0092	0.05
8	S	311.00	1529.78	32.0	700.0	0.0092	0.07
9	S	141.00	1523.90	32.0	700.0	0.0092	0.05
10	S	191.00	1529.78	32.0	700.0	0.0092	0.07
11	S	678.00	1543.58	32.0	700.0	0.0092	0.11
12	S	220.00	1525.83	32.0	700.0	0.0092	0.06
13	S	220.01	1524.52	32.0	700.0	0.0092	0.05
14	S	678.00	1523.30	32.0	700.0	0.0092	0.05
15	S	220.00	1521.99	32.0	700.0	0.0092	0.04
16	S	220.01	1523.32	32.0	700.0	0.0092	0.05

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 [Mpa]
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 [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] 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	5.99	20.0	700.0	-159.0	-12.0	28.4	6650	136.7

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B

sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
 wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_sm - e_cm)$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00111	0	0.500	16.0	72	0.00048 (0.00048)	377	0.180 (0.20)	0.00	689.04

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.74	20.0	700.0	-125.1	-12.0	18.2	6650	136.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00087	0	0.500	16.0	72	0.00038 (0.00038)	377	0.142 (0.20)	0.00	690.53

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.99	20.0	700.0	-23.6	-12.0	8.0	6300	136.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00017	0	0.500	16.0	72	0.00007 (0.00007)	370	0.026 (0.20)	0.00	718.96

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

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA5F	01	D 78 CL	IV0404 001	B	48 DI 83

8.1.2 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 220x700 cm

Armatura verticale

$A_s = \phi 26/10$ (lato controterra)

$A'_s = \phi 26/10$ (lato esterno)

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 20/20$ (lato controterra)

$A'_s = \phi 20/20$ (lato esterno)

Spilli $\phi 12/25 \times 25$

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$:	0.50

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 49 DI 83

Sf limite S.L.E. Comb. Rare:

337.50 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-110.0	0.0
2	-110.0	700.0
3	110.0	700.0
4	110.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-101.0	9.0	26
2	-101.0	691.0	26
3	101.0	691.0	26
4	101.0	9.0	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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	66	26
2	3	4	66	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
 Passo staffe: 1.4 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	5086.00	2204.00	10803.00	190.00	2803.00
2	6374.00	2204.00	13275.00	190.00	3549.00
3	4735.00	1962.00	15436.00	190.00	3299.00
4	6023.00	1962.00	17908.00	190.00	4045.00
5	4735.00	1962.00	10011.00	190.00	2657.00
6	6023.00	1962.00	12483.00	190.00	3403.00

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 50 DI 83

7	4722.00	2775.00	9982.00	317.00	2652.00
8	6010.00	2775.00	12453.00	317.00	3398.00
9	3682.00	0.00	7635.00	0.00	2220.00
10	4970.00	0.00	10106.00	0.00	2965.00
11	4024.00	568.00	31817.00	269.00	5103.00
12	4337.00	568.00	15169.00	269.00	1592.00
13	4024.00	1557.00	15076.00	895.00	1592.00
14	3755.00	568.00	31737.00	269.00	5103.00
15	3442.00	568.00	14902.00	269.00	1592.00
16	3755.00	1557.00	14996.00	895.00	1592.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] 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 [kNm] 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	4722.00	1541.00	13025.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] 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 [kNm] 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	4462.00	813.00 (1673.74)	11534.00 (23745.28)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] 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 [kNm] 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	3682.00	0.00 (0.00)	7062.00 (26111.87)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.6	cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.7	cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

IV04 – scavalco idraulico NV02
Relazione di calcolo spalle

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IV0404 001	B	51 DI 83

My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Res Momento flettente resistente [kNm] 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	5086.00	2204.00	10803.00	5085.90	6810.34	34168.85	3.16361.0(275.8)	
2	S	6374.00	2204.00	13275.00	6374.23	5725.69	35466.63	2.67361.0(275.8)	
3	S	4735.00	1962.00	15436.00	4735.01	4409.85	33824.76	2.19361.0(275.8)	
4	S	6023.00	1962.00	17908.00	6022.80	3812.77	35120.16	1.96361.0(275.8)	
5	S	4735.00	1962.00	10011.00	4735.18	6781.60	33816.90	3.38361.0(275.8)	
6	S	6023.00	1962.00	12483.00	6023.24	5404.32	35115.00	2.81361.0(275.8)	
7	S	4722.00	2775.00	9982.00	4721.93	9443.65	33789.93	3.39361.0(275.8)	
8	S	6010.00	2775.00	12453.00	6010.18	7921.45	35090.88	2.82361.0(275.8)	
9	S	3682.00	0.00	7635.00	3682.25	0.00	32772.16	4.29361.0(275.8)	
10	S	4970.00	0.00	10106.00	4970.05	0.00	34068.86	3.37361.0(275.8)	
11	S	4024.00	568.00	31817.00	4023.83	724.86	33123.43	1.04361.0(275.8)	
12	S	4337.00	568.00	15169.00	4337.10	1309.48	33432.52	2.20361.0(275.8)	
13	S	4024.00	1557.00	15076.00	4023.73	3442.77	33112.49	2.20361.0(275.8)	
14	S	3755.00	568.00	31737.00	3755.07	600.76	32855.14	1.04361.0(275.8)	
15	S	3442.00	568.00	14902.00	3442.00	1148.53	32529.55	2.18361.0(275.8)	
16	S	3755.00	1557.00	14996.00	3754.97	3345.72	32842.60	2.19361.0(275.8)	

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	0.068	110.0	700.0	0.00132	101.0	691.0	-0.04823	-101.0	9.0
2	0.00350	0.069	110.0	700.0	0.00135	101.0	691.0	-0.04749	-101.0	9.0
3	0.00350	0.063	110.0	700.0	0.00115	101.0	691.0	-0.05207	-101.0	9.0
4	0.00350	0.065	110.0	700.0	0.00121	101.0	691.0	-0.05064	-101.0	9.0
5	0.00350	0.067	110.0	700.0	0.00130	101.0	691.0	-0.04883	-101.0	9.0
6	0.00350	0.067	110.0	700.0	0.00130	101.0	691.0	-0.04852	-101.0	9.0
7	0.00350	0.071	110.0	700.0	0.00145	101.0	691.0	-0.04551	-101.0	9.0
8	0.00350	0.072	110.0	700.0	0.00145	101.0	691.0	-0.04536	-101.0	9.0
9	0.00350	0.055	110.0	700.0	0.00077	101.0	691.0	-0.06060	-101.0	9.0
10	0.00350	0.057	110.0	700.0	0.00087	101.0	691.0	-0.05806	-101.0	9.0
11	0.00350	0.056	110.0	700.0	0.00083	101.0	691.0	-0.05910	-101.0	9.0
12	0.00350	0.057	110.0	700.0	0.00091	101.0	691.0	-0.05739	-101.0	9.0
13	0.00350	0.060	110.0	700.0	0.00103	101.0	691.0	-0.05471	-101.0	9.0
14	0.00350	0.055	110.0	700.0	0.00080	101.0	691.0	-0.05975	-101.0	9.0
15	0.00350	0.055	110.0	700.0	0.00081	101.0	691.0	-0.05959	-101.0	9.0
16	0.00350	0.059	110.0	700.0	0.00100	101.0	691.0	-0.05533	-101.0	9.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

IV04 - scavalco idraulico NV02
Relazione di calcolo spalle

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IV0404 001	B	52 DI 83

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	0.000240804	0.000001329	-0.023918857	0.068	0.700
2	0.000238022	0.000001115	-0.023462987	0.069	0.700
3	0.000260456	0.000000886	-0.025770450	0.063	0.700
4	0.000254109	0.000000756	-0.024980814	0.065	0.700
5	0.000243662	0.000001332	-0.024235049	0.067	0.700
6	0.000243080	0.000001055	-0.023977481	0.067	0.700
7	0.000226404	0.000001794	-0.022660070	0.071	0.700
8	0.000226617	0.000001506	-0.022482106	0.072	0.700
9	0.000303777	0.000000000	-0.029915478	0.055	0.700
10	0.000291748	0.000000000	-0.028592316	0.057	0.700
11	0.000296248	0.000000130	-0.029178419	0.056	0.700
12	0.000287708	0.000000264	-0.028332910	0.057	0.700
13	0.000273551	0.000000708	-0.027086435	0.060	0.700
14	0.000299356	0.000000122	-0.029514653	0.055	0.700
15	0.000298331	0.000000199	-0.029455884	0.055	0.700
16	0.000276542	0.000000697	-0.027407632	0.059	0.700

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm
Passo staffe: 1.4 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
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 =lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	2804.01	43820.51	20836.11	210.9	699.9	2.500	1.018	15.1	112.2(0.0)
2	S	3549.85	44005.15	20835.79	210.9	699.8	2.500	1.022	19.1	112.2(0.0)
3	S	3299.63	43755.27	20836.54	210.9	699.6	2.500	1.016	17.8	112.2(0.0)
4	S	4045.55	43947.03	20837.81	210.9	699.6	2.500	1.021	21.8	112.2(0.0)
5	S	2658.00	43767.81	20836.08	210.9	699.9	2.500	1.016	14.3	112.2(0.0)
6	S	3403.79	43950.61	20835.76	210.9	699.7	2.500	1.021	18.3	112.2(0.0)
7	S	2654.43	43720.22	20833.90	210.9	699.2	2.500	1.016	14.3	112.2(0.0)
8	S	3400.03	43969.16	20836.79	210.9	700.0	2.500	1.021	18.3	112.2(0.0)
9	S	2220.00	43635.63	20843.31	211.0	700.0	2.500	1.013	12.0	112.2(0.0)
10	S	2965.00	43827.31	20843.31	211.0	700.0	2.500	1.017	16.0	112.2(0.0)
11	S	5103.12	43692.56	20843.31	211.0	700.1	2.500	1.014	27.5	112.2(0.0)
12	S	1592.25	43745.73	20843.32	211.0	700.2	2.500	1.015	8.6	112.2(0.0)
13	S	1594.31	43651.76	20840.03	211.0	699.6	2.500	1.014	8.6	112.2(0.0)
14	S	5103.11	43652.09	20843.31	211.0	700.1	2.500	1.013	27.5	112.2(0.0)
15	S	1592.18	43609.06	20843.31	211.0	700.1	2.500	1.012	8.6	112.2(0.0)
16	S	1594.25	43612.36	20840.61	211.0	699.5	2.500	1.013	8.6	112.2(0.0)

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 53 DI 83

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 [Mpa]
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 [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] 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	3.74	110.0	700.0	-129.1	-101.0	9.0	18622	361.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00068	0	0.500	26.0	77	0.00039 (0.00039)	490	0.190 (0.20)	2726.50	23045.17

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.23	110.0	700.0	-109.8	-101.0	9.0	18172	361.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00058	0	0.500	26.0	77	0.00033 (0.00033)	484	0.160 (0.20)	1673.74	23745.28

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.91	110.0	700.0	-55.6	-101.0	151.5	15750	361.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00030	0	0.500	26.0	77	0.00017 (0.00017)	455	0.076 (0.20)	0.00	26111.87

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B

8.1.3 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.

Si vedano i paragrafi precedenti da cui risulta :

$$N_{\max} = 4736 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$T_{\max} = 932 \text{ kN (CC. SLV)}$$

8.1.3.1 Unghia anteriore platea fondazione

Il tacco anteriore del plinto di fondazione è stato verificato ipotizzando un meccanismo di tirante puntone. Si riporta di seguito la verifica. La larghezza di diffusione è stata valutata in corrispondenza del filo anteriore del muro frontale, mediante una diffusione a 45° a partire dal piano medio del palo (vedi figura seguente), mentre l'altezza della biella compressa è stata valutata pari a $0.2 d_p$ (con d_p altezza utile della sezione del plinto).

La verifica è stata eseguita in corrispondenza del palo più sollecitato.

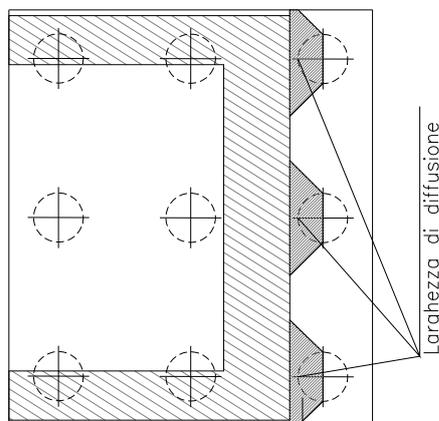


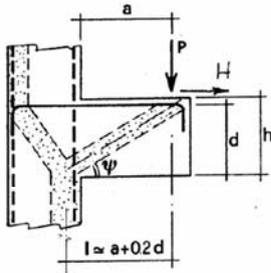
Figura 10 – Diffusione delle azioni dal palo al muro frontale

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali del plinto di fondazione, condotte con riferimento al metodo usualmente utilizzato per la verifica delle mensole tozze, ovvero il metodo del tirante-puntone, di cui nel

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IV0404 001	DOCUMENTO 	REV. B

seguito si riporta lo schema e di verifica generale e relative formulazioni proposte a riguardo al C4.1.2.1.5 dalla Circolare Ministeriale.

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTO.



P,H : Carichi Esterni di Progetto (P_{Ed}, H_{Ed})

Pr : Portanza mensola in termini di resistenza dell'armatura metallica

$$P_R = P_{Rs} = (A_s f_{yd} - H_{Ed}) \frac{1}{\lambda} \quad \lambda = \text{ctg} \psi \approx l / (0,9d).$$

Pr : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

$$P_{Rc} = 0,4 b d f_{cd} \frac{c}{1 + \lambda^2} \geq P_{Rs}$$

CONDIZIONI DI VERIFICA

- 1 $P_R \geq P_{Ed}$
- 2 $P_{Rc} \geq P_{Rs}$

Il palo è posto in corrispondenza del muro andatore, si considera a favore di sicurezza, la distanza tra asse palo ed asse muro frontale pari a 0.9 m per cui risulta:

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B

Dati di progetto

$b(m) =$	2.70	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	4736.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	932.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	0.90	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	2.00	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	0.10	m	copri ferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	1.90	m	altezza utile
$l(m) =$	1.28	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	0.75		$\lambda = ctg\psi \leq l/(0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

$c(m) =$ **1.00**

Caratteristiche Materiali

$f_{cd} =$	14.16	MPa	Calcestruzzo
$f_{yd} =$	391.0	MPa	Acciaio

Caratteristiche Armature di Progetto

<u>Registro tipo</u>		R1					
$n^{\circ} R1 =$	1	$\phi 1(mm) =$	24.0	$p1(cm) =$	10.0	$\theta 1^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb\ tot\ 1 =$	27.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	12214.50	$A_{\phi\ CAL} (mm^2) =$	12214.50
<u>Registro tipo</u>		R2					
$n^{\circ} R2 =$	0	$\phi 2(mm) =$	26.0	$p2(cm) =$	10.0	$\theta 2^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 2 =$	0.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	0.00	$A_{\phi\ CAL} (mm^2) =$	0.00
<u>Registro tipo</u>		R3					
$n^{\circ} R3 =$	0	$\phi 3(mm) =$	26.0	$p3(cm) =$	10.0	$\theta 3^{\circ} =$	0.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 3 =$	0.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	0.00	$A_{\phi\ CAL} (mm^2) =$	0.00

Verifiche di resistenza

$\Psi =$	<input type="text" value="0.928"/>	rad	$=$	<input type="text" value="53.18"/>	$^{\circ}$
$P_{RS} =$	<input type="text" value="5135.2"/>	KN		<input type="text" value="PRs > PEd - Verifica Soddisfatta"/>	
$P_{RC} =$	<input type="text" value="18622.2"/>	KN		<input type="text" value="PRc > PRs - Verifica Soddisfatta"/>	

8.1.4 Muro andatore

Il muro andatore viene verificato come una mensola incastrata alla base. Le sollecitazioni agenti su una striscia di larghezza unitaria risultano:

Generali			
Altezza muro frontale	Hm	6.1	m
spessore muro andatore	La	1	m
Altezza paraghiaia	Hp	2.35	m
spessore paraghiaia	bp	0.4	m
Peso terreno	gt	20	kN/m ³
Angolo d'attrito interno (φ)		35	°
Coefficiente sismico orizzontale	kh	0.230	
Sovraccarico accidentale sul rilevato	qacc	20	kN/m ²
k0		0.426	
Altezza muro andatore		8.45	m
Lunghezza lungo asse Y	Lm	5	m

Combinazione rara			
Spinta Terrapieno	S1	304.5	kN
braccio	b1	2.8	m
Momento agente	M1=S1*b1	857.6	kN*m
Spinta Sovraccarico qacc	S2	72.1	kN
braccio	b2	4.2	m
Momento agente	M2=S2*b2	304.5	kN*m
Peso paraghiaia	N1	23.5	kN
braccio	b3	0.3	m
Momento agente	M3=N1*b3	7.1	kN*m
Peso muro andatore	N2	152.5	kN
TOI.			
Sforzo Normale	ΣNi	176.0	kN
Taglio agente	ΣSi	376.5	kN
Momento agente	ΣMi	1169.1	kN*m

Combinazione sismica SLV			
Spinta sismica Terrapieno	S1	328.7	kN
braccio	b1	4.2	m
Momento agente	$M1=S1*b1$	1388.7	kN*m
Spinta Sismica Sovraccarico qacc	S2	14.4	kN
braccio	b2	4.2	m
Momento agente	$M2=S2*b2$	60.9	kN*m
Spinta Terrapieno	S3	304.5	kN
braccio	b3	2.8	m
Momento agente	$M3=S3*b3$	857.6	kN*m
Inerzia paraghiaia	S4	5.4	kN
braccio	b4	7.3	m
Momento agente	$M4=S4*b4$	39.3	kN*m
Inerzia muro andatore	S5	35.1	kN
braccio	b5	3.1	m
Momento agente	$M5=S5*b5$	107.1	kN*m
Inerzia terrapieno	S6	194.5	kN
braccio	b6	4.2	m
Momento agente	$M6=S6*b6$	821.7	kN*m
Peso paraghiaia	N1	23.5	kN
braccio	b7	0.3	m
Momento agente	$M7=N1*b7$	7.1	kN*m
Peso muro andatore	N2	152.5	kN
TOT.			
Sforzo Normale	ΣNi	176.0	kN
Taglio agente	ΣSi	882.6	kN
Momento agente	ΣMi	3282.4	kN*m
Combinazione SLU			
Sforzo Normale	ΣNi	237.6	kN
Taglio agente	ΣSi	508.3	kN
Momento agente	ΣMi	1578.3	kN*m

Verifica della sezione:

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 59 DI 83

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.0	9.0	26
2	-41.0	91.0	26
3	41.0	91.0	26
4	41.0	9.0	26
5	-41.0	15.0	26
6	41.0	15.0	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			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	3	2	3	26

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 60 DI 83

3 5 6 8 26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm
 Passo staffe: 9.1 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	237.60	1578.30	0.00	508.30	0.00
2	176.00	3282.40	0.00	882.60	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] 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 [kNm] 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	176.00	1169.10	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.7 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.4 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 6.9 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Res Momento flettente resistente [kNm] 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 Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	237.60	1578.30	0.00	237.65	3374.30	0.00	2.13	132.7(30.0)
2	S	176.00	3282.40	0.00	176.12	3354.72	0.00	1.02	132.7(30.0)

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 61 DI 83

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Ys 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	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	50.0	100.0	0.00207	41.0	91.0	-0.01095	-41.0	9.0
2	0.00350	50.0	100.0	0.00204	41.0	91.0	-0.01122	-41.0	9.0

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	0.000000000	0.000158832	-0.012383184	----	----
2	0.000000000	0.000161788	-0.012678834	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	8 mm
Passo staffe:	9.1 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver	S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro Braccio coppia interna [cm] Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
bw	I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce. 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.[cm ² /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /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=lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	508.30	2697.62	888.19	91.2 82.2	100.0	2.500	1.013	6.3	11.0(0.0)
2	S	882.60	2694.16	889.93	91.3 82.3	100.0	2.500	1.009	11.0	11.0(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 [Mpa]
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 [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 62 DI 83

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	7.25	-50.0	100.0	-145.5	-4.6	9.0	2050	106.2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 Esito della verifica
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k2 = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
 wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00085	0	0.500	26.0	77	0.00049 (0.00044)	347	0.171 (0.20)	765.49	0.00

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IV0404 001	DOCUMENTO	REV. B	FOGLIO 63 DI 83

8.2 Calcolo capacità portante del palo di fondazione

Il carico assiale permanente deriva dal contributo dello sforzo normale N (cap. 7.7.4. della presente relazione di calcolo) e dal peso del palo stesso , ovvero:

8.2.1 Calcolo capacità portante (STATICO) - CD

$$N_{_ASSIALE\ PERMANENTE_STATICO} = 4184 + ((35.00 * 1.131 * 25) * 1.3) = 5470.48 \text{KN}$$

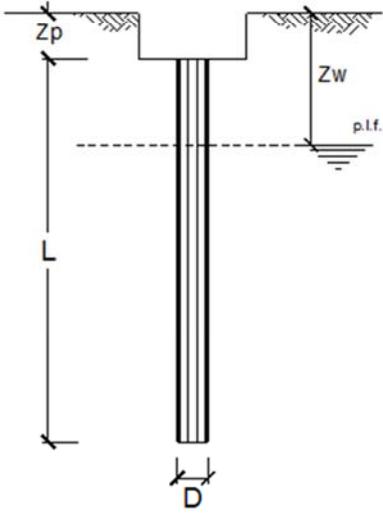
CANTIERE:		OPERA:	
DATI DI INPUT:			
Diametro del Palo (D):	1.20 (m)	Area del Palo (Ap):	1.131 (m ²)
Quota testa Palo dal p.c. (z _p):	3.00 (m)	Quota falda dal p.c. (z _w):	5.00 (m)
Carico Assiale Permanente (G):	5470.48 (kN)	Carico Assiale variabile (Q):	(kN)
Numero di strati	2 	Lpalo =	35.00 (m)

coefficienti parziali	azioni		resistenza laterale e di base				
	permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _{s traz}		
Metodo di calcolo	γ _G	γ _Q					
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	○	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista	●	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25	1.25

n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI						
Strato	Spess (-)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	c' med (kPa)	φ' med (°)	Cu med (kPa)
1	1.50	U1C	18.50	14.5	30.0	
2	33.50	U2	19.50	30.0	22.0	

Coefficienti di Calcolo			
k (-)	μ (-)	a (-)	α (-)
0.50	0.58		
0.63	0.40		



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



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

IV04 – scavalco idraulico NV02
Relazione di calcolo spalle

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA5F 01 D 78 CL IV0404 001 B 64 DI 83

Strato	Spess	Tipo di terreno	γ	C'_{min}	Φ'_{min}	$C_{u\ min}$	k	μ	a	α
(-)	(m)		(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(kPa)	(-)	(-)	(-)	(-)
1	1.50	U1C	18.50	14.5	30.0		0.50	0.58		
2	33.50	U2	19.50	30.0	22.0		0.63	0.40		

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	1.50	U1C	113.2					113.2				
2	33.50	U2	7892.8	8.41	18.35	3970.9	4491.0	7892.8	8.41	18.35	3970.9	4491.0

CARICO ASSIALE AGENTE

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

$$N_d = 5470.5 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE MEDIA

$$\text{base } R_{b,cal\ med} = 4491.0 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal\ med} = 8006.0 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal\ med} = 12497.0 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE MINIMA

$$\text{base } R_{b,cal\ min} = 4491.0 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal\ min} = 8006.0 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal\ min} = 12497.0 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA

$$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) = 2641.8 \text{ (kN)}$$

$$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) = 4709.4 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 7351.2 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

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

$$R_{c,d} = 6052.0 \text{ (kN)}$$

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

$$F_s = 1.11$$

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IV0404 001	DOCUMENTO	REV. B	FOGLIO 65 DI 83

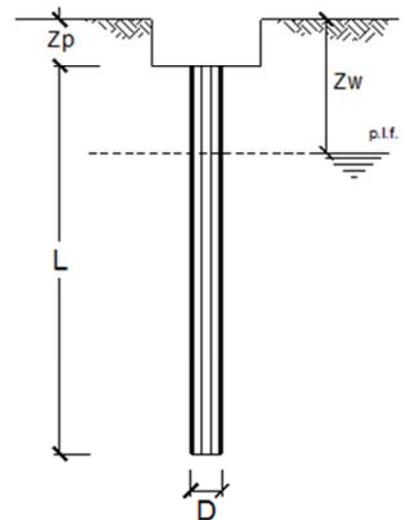
8.2.2 Calcolo capacità portante (SISMICO) - CD

$$N_{_ASSIALE\ PERMANENTE_SISMICO} = 4736 + (35.00 * 1.131 * 25) = 5725.6 \text{ kN}$$

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D):	1.20	(m)	Area del Palo (Ap):	1.131	(m ²)
Quota testa Palo dal p.c. (Z _p):	3.00	(m)	Quota falda dal p.c. (Z _w):	5.00	(m)
Carico Assiale Permanente (G):	5725.6	(kN)	Carico Assiale variabile (Q):		(kN)
Numero di strati	2		Lpalo =	35.00	(m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo		permanenti γ _G	variabili γ _Q	γ _b	γ _s	γ _s var	
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	○	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		●	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

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	1.50	U1C	18.50	14.5	30.0	
2	33.50	U2	19.50	30.0	22.0	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.50	0.58		
0.63	0.40		

(n.b.: le spessori degli strati è computato dalla quota di introduzione del ninto)



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

IV04 - scavalco idraulico NV02
Relazione di calcolo spalle

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA5F 01 D 78 CL IV0404 001 B 66 DI 83

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	1.50	U1C	18.50	14.5	30.0	
2	33.50	U2	19.50	30.0	22.0	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
(-)	(-)	(-)	(-)
0.50	0.58		
0.63	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	1.50	U1C	113.2					113.2					
2	33.50	U2	7892.8	8.41	18.35	3970.9	4491.0	7892.8	8.41	18.35	3970.9	4491.0	

CARICO ASSIALE AGENTE

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

$$N_d = 5725.6 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE MEDIA

$$\text{base } R_{b,cal med} = 4491.0 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal med} = 8006.0 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal med} = 12497.0 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE MINIMA

$$\text{base } R_{b,cal min} = 4491.0 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal min} = 8006.0 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal min} = 12497.0 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA

$$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal med}/\xi_3 ; R_{b,cal min}/\xi_4) = 2641.8 \text{ (kN)}$$

$$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal med}/\xi_3 ; R_{s,cal min}/\xi_4) = 4709.4 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 7351.2 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

$$R_{c,d} = R_{bk}/\gamma_b + R_{sk}/\gamma_s$$

$$R_{c,d} = 6052.0 \text{ (kN)}$$

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

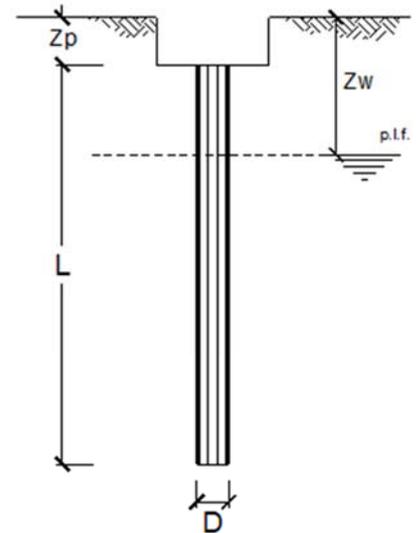
$$F_s = 1.06$$

8.2.3 Calcolo capacità portante (STATICO) - CU

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D): 1.20 (m) Area del Palo (Ap): 1.131 (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (Z_p): 3.00 (m) Quota falda dal p.c. (Z_w): 5.00 (m)
 Carico Assiale Permanente (G): 5470.48 (kN) Carico Assiale variabile (Q): (kN)
 Numero di strati $2 \frac{1}{2}$ L_{palo} = 35.00 (m)

coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _{s,raz}	
			γ _G	γ _Q				
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60	
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25	
	SISMA	○	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25	
DM88			○	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			●	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	C' med (kPa)	φ' med (°)	Cu med (kPa)
1	1.50	U1C	18.50	14.5	30.0	0.0
2	33.50	U2	19.50	30.0	22.0	230.0

Coefficienti di Calcolo

k	μ	a	α
0.50	0.58	0.00	0.00
0.63	0.40	0.00	0.35



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

IV04 – scavalco idraulico NV02
Relazione di calcolo spalle

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA5F 01 D 78 CL IV0404 001 B 68 DI 83

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	1.50	U1C	18.50	14.5	30.0	0.0
2	33.50	U2	19.50	30.0	22.0	230.0

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
(-)	(-)	(-)	(-)
0.50	0.58	0.00	0.00
0.63	0.40	0.00	0.35

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	1.50	U1C	113.2					113.2					
2	33.50	U2	10166.5	0.00	9.00	2806.5	3174.1	10166.5	0.00	9.00	7365.0	8329.6	

CARICO ASSIALE AGENTE

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

$$N_d = 5470.5 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE MEDIA

$$\text{base } R_{b,cal med} = 3174.1 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal med} = 10279.8 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal med} = 13453.8 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE MINIMA

$$\text{base } R_{b,cal min} = 8329.6 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal min} = 10279.8 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal min} = 18609.4 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA

$$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal med}/\xi_3 ; R_{b,cal min}/\xi_4) = 1867.1 \text{ (kN)}$$

$$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal med}/\xi_3 ; R_{s,cal min}/\xi_4) = 6046.9 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 7914.0 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

$$R_{c,d} = R_{bk}/\gamma_b + R_{sk}/\gamma_s$$

$$R_{c,d} = 6641.2 \text{ (kN)}$$

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

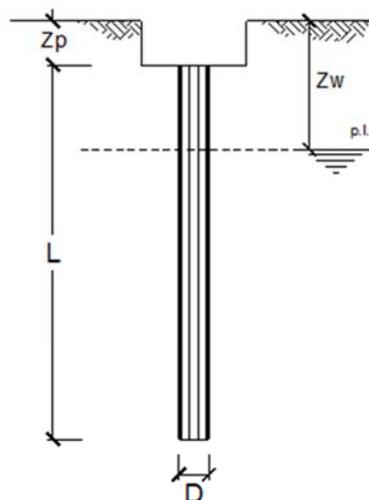
$$F_s = 1.21$$

8.2.4 Calcolo capacità portante (SISMICO) - CU

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D):	1.20	(m)	Area del Palo (Ap):	1.131	(m ²)
Quota testa Palo dal p.c. (z _p):	3.00	(m)	Quota falda dal p.c. (z _w):	5.00	(m)
Carico Assiale Permanente (G):	5725.6	(kN)	Carico Assiale variabile (Q):		(kN)
Numero di strati	2		Lpalo =	35.00	(m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _b	γ _s	γ _s trax	
		γ _G	γ _Q				
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₃	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₄	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

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	1.50	U1C	18.50	14.5	30.0	0.0
2	33.50	U2	19.50	30.0	22.0	230.0

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.50	0.58	0.00	0.00
0.63	0.40	0.00	0.35

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

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ	C'_{min}	Φ'_{min}	$C_{u\ min}$
(-)	(m)		(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(kPa)
1	1.50	U1C	18.50	14.5	30.0	0.0
2	33.50	U2	19.50	30.0	22.0	230.0

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
(-)	(-)	(-)	(-)
0.50	0.58	0.00	0.00
0.63	0.40	0.00	0.35

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	1.50	U1C	113.2					113.2				
2	33.50	U2	10166.5	0.00	9.00	2806.5	3174.1	10166.5	0.00	9.00	7365.0	8329.6

CARICO ASSIALE AGENTE

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

$$N_d = 5725.6 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE MEDIA

base $R_{b,cal\ med} = 3174.1 \text{ (kN)}$

laterale $R_{s,cal\ med} = 10279.8 \text{ (kN)}$

totale $R_{c,cal\ med} = 13453.8 \text{ (kN)}$

CAPACITA' PORTANTE MINIMA

base $R_{b,cal\ min} = 8329.6 \text{ (kN)}$

laterale $R_{s,cal\ min} = 10279.8 \text{ (kN)}$

totale $R_{c,cal\ min} = 18609.4 \text{ (kN)}$

CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA

$$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) = 1867.1 \text{ (kN)}$$

$$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) = 6046.9 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 7914.0 \text{ (kN)}$$

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

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

$$R_{c,d} = 6641.2 \text{ (kN)}$$

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

$$F_s = 1.16$$

8.3 Carico limite orizzontale

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B

Dal capitolo 7.7.4 si ricava il modulo della forza orizzontale da applicare in testa al palo. Si osservi che , al fine di ottenere una sollecitazione al metro lineare, tali sollecitazioni verranno divise per l'interasse fra i pali =3.60m.

	$T_{y,A}$ [kN]	$T_{y,A}$ [kN/m]
SLU	631	175
SLV	932	258

Nel seguito si riportano le verifiche in condizioni sismiche (condizione non drenata) e in condizioni statiche (condizione più gravosa drenata).

Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare

Diametro = 1200 (mm)

Raggio = 600 (mm)

Sforzo Normale = 0 (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)

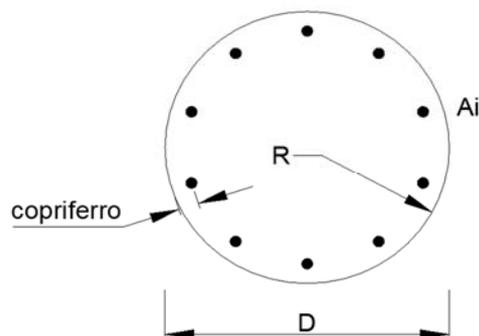
γ_s = 1.15

f_{yd} = f_{yk} / γ_s = 391.3 (Mpa)

E_s = 206000 (Mpa)

ϵ_{ys} = 0.190%

ϵ_{uk} = 10.000%



Armature

numero	diametro (mm)	area (mm ²)	copriferro (mm)
24	φ 26	12742	80
20	φ 26	10619	120
0	φ 8	0	30

Calcolo

Momento di Plasticizzazione

M_y = 3713.8 (kN m)

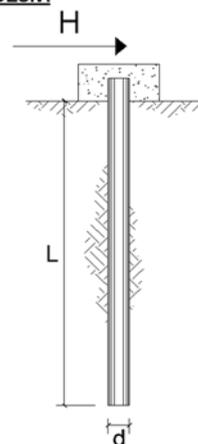
Inserisci

**CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI COESIVI
PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

OPERA: Esempio

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)



coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ_{cu}	γ_T
			γ_G	γ_Q		
SLD	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	⊙	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.30	1.50	1.40	1.00

n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Palo corto:
$$H = 9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

Palo intermedio:
$$H = -9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3} + 4.5}$$

Palo lungo:
$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	35.00	(m)	
Diametro del palo	d =	1.20	(m)	
Momento di plasticizzazione della sezione	M_y =	3713.85	(kN m)	
Coesione non drenata	$c_{u, med}$ =	250.00	(kPa)	$c_{u, min}$ = 250.00 (kPa)
Coesione non drenata di progetto	$c_{u, med, d}$ =	250.00	(kPa)	$c_{u, min, d}$ = 250.00 (kPa)
Carico Assiale Permanente (G):	G =	1014	(kN)	
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)	

Palo corto:

$H1_{med} = 89640.00$ (kN) $H1_{min} = 89640.00$ (kN)

Palo intermedio:

$H2_{med} = 34609.58$ (kN) $H2_{min} = 34609.58$ (kN)

Palo lungo:

$H3_{med} = 3123.05$ (kN) $H3_{min} = 3123.05$ (kN)

$H_{med} = 3123.05$ (kN) palo lungo $H_{min} = 3123.05$ (kN) palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 1837.09$ (kN)

$H_d = H_k / \gamma_T = 1413.15$ (kN)

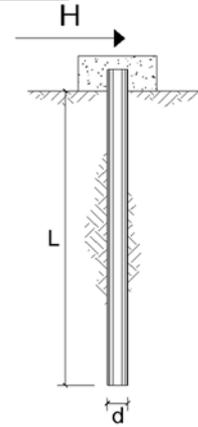
$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 1014.00$ (kN)

$FS = H_d / F_d = 1.39$

CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI
PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA

OPERA: Esempio

TEORIA DI BASE:
(Broms, 1964)



coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ_{ϕ}	γ_r
			γ_G	γ_Q		
SUD	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88			○	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			●	1.00	1.00	1.30

n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Palo corto:
$$H = 1.5 k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}}$$

DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	35.00	(m)	
Diametro del palo	d =	1.20	(m)	
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	3713.85	(kN m)	
Angolo di attrito del terreno	$\phi'_{med} =$	23.00	(°)	$\phi'_{min} = 23.00$ (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\phi'_{med,d} =$	23.00	(°)	$\phi'_{min,d} = 23.00$ (°)
Coeff. di spinta passiva ($k_p = (1 + \sin \phi') / (1 - \sin \phi')$)	$k_{p,med} =$	2.28	(-)	$k_{p,min} = 2.28$ (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$)	$\gamma =$	10.00	(kN/m ³)	
Carico Assiale Permanente (G):	G =	702	(kN)	
Carico Assiale variabile (Q):	Q =		(kN)	

Palo corto:

$H1_{med} = 50331.84$ (kN) $H1_{min} = 50331.84$ (kN)

Palo intermedio:

$H2_{med} = 16883.39$ (kN) $H2_{min} = 16883.39$ (kN)

Palo lungo:

$H3_{med} = 1721.89$ (kN) $H3_{min} = 1721.89$ (kN)

$H_{med} = 1721.89$ (kN) palo lungo $H_{min} = 1721.89$ (kN) palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 1012.88$ (kN)

$H_d = H_k / \gamma_r = 779.13$ (kN)

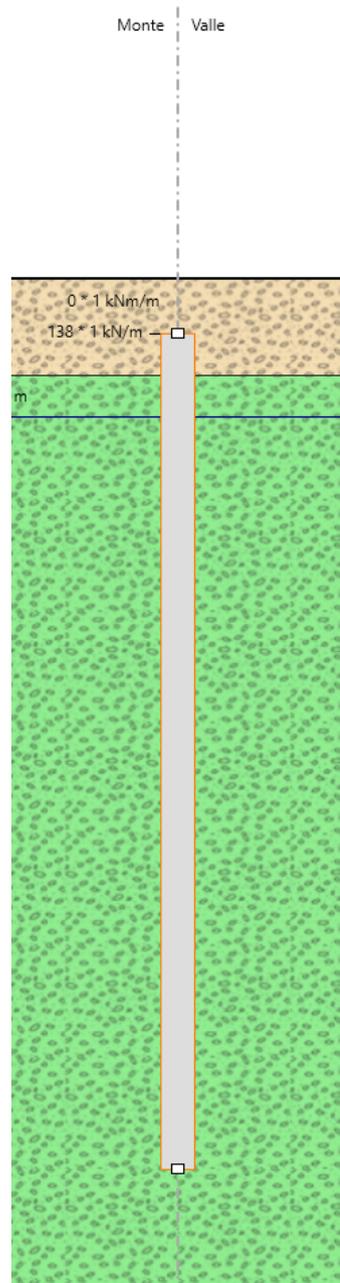
$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 702.00$ (kN)

$FS = H_d / F_d = 1.11$

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 75 DI 83

8.4 Verifiche strutturali palo

In questo paragrafo è riportata la verifica del palo di fondazione modellato con il software Paratie Plus.



Si considera un palo di lunghezza $L = 35\text{m}$ (quota testa palo $z = -2\text{m}$ dal p.c.) , che attraversa i terreni U1C e U2 le cui caratteristiche sono:

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 76 DI 83

Parametri	Unità 1c	Unità 2
γ (kN/m ³)	18-19	19-20
GSI	-	-
σ_{ci} (MPa)	-	-
m_i (-)	-	-
ϕ (°)	29-31	21-23
c' (kPa)	12-17	29-31
c_u (kPa)	-	200-250
v_s (m/s)	200-250	250-350
E_0 (MPa)	300-400	400-800
k (m/s)	1.0×10^{-4} - 1.5×10^{-4}	9.0×10^{-9} - 5.0×10^{-7}

INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO

Terreno	Da z [m]	A z[m]
Unità 1c	0	-1.5
Unità 2	-1.5	-

Si considera un palo di lunghezza $L=35\text{m}$ con le seguenti caratteristiche :

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 77 DI 83

Catalogo Sezioni

Default Section
 Strut Section 1
 Strut Section 2
 Raker Section 1
 Raker Section 2
 Slab Section 1
 Slab Section 2
PALO_1200

Nome: PALO_1200

Inerzia Equivalente: 0.0283 m⁴/m
 Area Equivalente: 0.3142 m
 Mat. omogeneizzazione: C25/30

Da utilizzare per:
 Muri
 Solette (specificare il Dead Load: 5 kN/m)
 Puntelli
 Puntoni

Geometria e materiali

Custom
 Materiale: Inerzia: m⁴/m Area: m²/m

Diaframma o Pali

Calcestruzzo

Materiale: C25/30
 Spessore: Ct: 0 m
 Diametro: Cd: 1.2 m
 Passo: Cs: 3.6 m

Acciaio

Materiale: Profilo: Passo: Ss: 3.6 m

Efficacia del calcestruzzo per il calcolo della rigidezza [0-1]: ac: 1

Palancole

Profilo: Catalogo Palancole
 Materiale: Tipo: β_s
 Peso per superficie unitaria di parete: 0 kN/m² β_D
 B: I_x

Sezione da Template
 Aggiungi
 Elimina
 Elimina non usati

Anteprima: Cd, Cs

Applica OK Annulla

Il programma consente di inserire l'armatura considerata idonea per la verifica del palo :

Materiale armature: B450C

Pali tangenti

Armatura longitudinale

Gruppo Armature Longitudinali

Quota superiore: -2 m
 Lunghezza della gabbia: 35 m
 Quota inferiore: -37 m

Armature longitudinali

Layer: 1 / 1
 Diametro: $\phi 24$
 Numero per elemento: 28
 Copriferro asse barra: 0.085 m

Armature a taglio

Armatura a taglio

Strato armatura a taglio: 1 / 1
 Quota superiore: -2 m
 Lunghezza tratto armato a taglio: 35 m
 Quota inferiore: -37 m
 Passo: 0.2 m
 Diametro: $\phi 12$
 Numero di bracci: 2
 Copriferro netto: 0.06 m

Applica OK Annulla >>>

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B

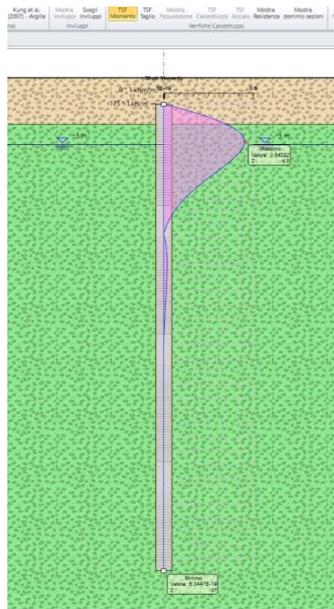
Dal capitolo 7.7.4 si ricava il modulo della forza orizzontale da applicare in testa al palo. Si osservi che , al fine di ottenere una sollecitazione al metro lineare, tali sollecitazioni verranno divise per l'interasse fra i pali =3.60m.

	$T_{y,A}$ [kN]	$T_{y,A}$ [kN/m]
SLU	631	175
SLV	932	258
RARA	469	130

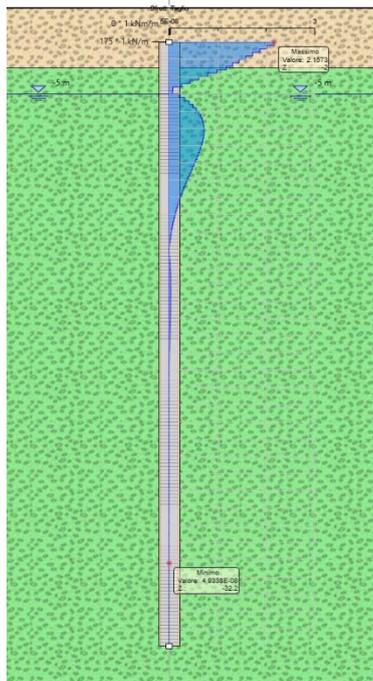
	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>												
<p>IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA5F</td> <td>01</td> <td>D 78 CL</td> <td>IV0404 001</td> <td>B</td> <td>79 DI 83</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01	D 78 CL	IV0404 001	B	79 DI 83
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01	D 78 CL	IV0404 001	B	79 DI 83								

8.4.1 Caso – Palo Con F_orizzontale (SLU)

- TASSO SFRUTTAMENTO MOMENTO –A1+M1+R1



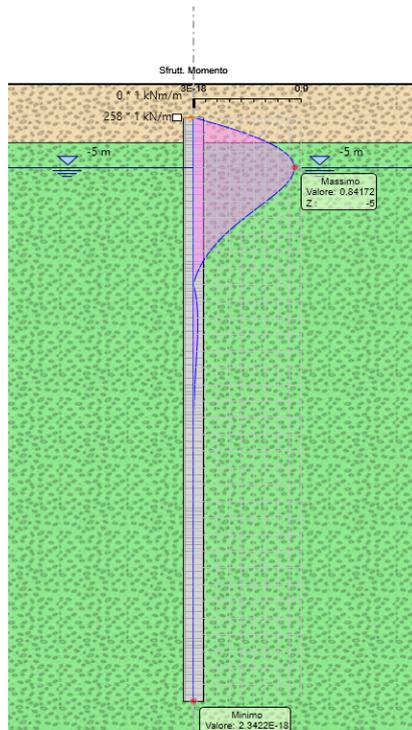
- TASSO SFRUTTAMENTO TAGLIO –A1+M1+R1



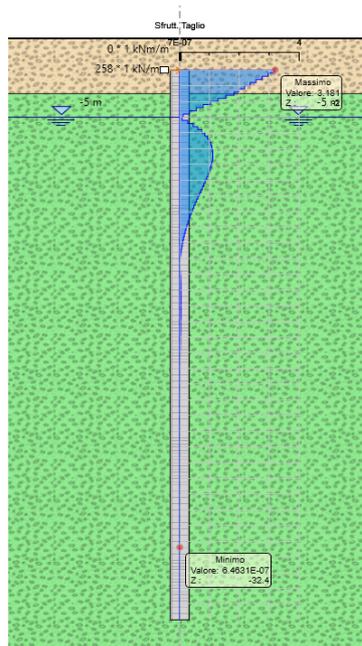
	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL IV0404 001	REV. B	FOGLIO 80 DI 83	

8.4.2 Caso – Palo Con $F_{\text{orizzontale}}$ (SLV)

- TASSO SFRUTTAMENTO MOMENTO –A1+M1+R1



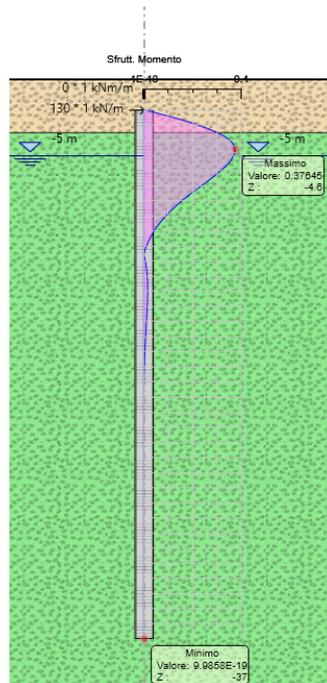
- TASSO SFRUTTAMENTO TAGLIO –A1+M1+R1



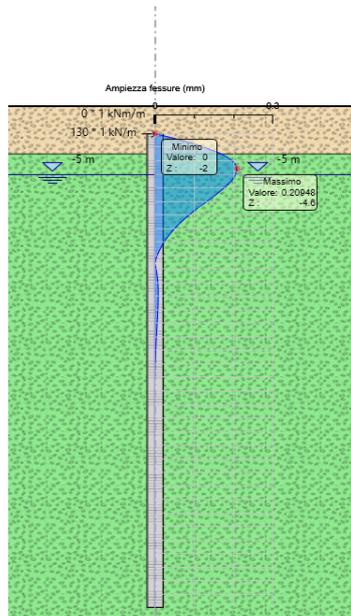
	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL IV0404 001	REV. B	FOGLIO 81 DI 83	

8.4.3 Caso – Palo Con F_orizzontale (SLE)

- TASSO SFRUTTAMENTO MOMENTO –A1+M1+R1



- APERTURA DELLE FESSURE



	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
IV04 – scavalco idraulico NV02 Relazione di calcolo spalle	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0404 001	REV. B	FOGLIO 82 DI 83

8.5 Giunto di dilatazione

Si calcola il giunto da realizzare sulla spalla mobile:

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 (par.2.5.2.1.5.1 Manuale Di Progettazione Delle Opere Civili Parte II - Sezione 2):

In direzione longitudinale:

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

Ove:

- $E_1 =$ 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;
- $d_{Ed} =$ è lo spostamento relativo totale tra le parti, pari allo spostamento d_E prodotto dall'azione sismica di progetto, calcolato come indicato nel paragrafo 7.3.3.3 del DM 14.1.2008 che di seguito si riporta.

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

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

Dove :

$$\mu_d = q \quad \text{se } T_1 \geq T_C$$

$$\mu_d = 1 + (q - 1) \times T_C / T_1 \quad \text{se } T_1 < T_C$$

In ogni caso $\mu_d \leq 5q - 4$.

$d_{eg} =$ è lo spostamento relativo tra le parti dovuto agli spostamenti relativi del terreno, da valutare secondo il paragrafo 3.2.3.3 del DM 14.1.2008 che di seguito si riporta;

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

$$d_g = 0,025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D$$

a_g		0.157	g
F_0		2.48	
S_s		1.466	
S_t		1	
T_c		0.502	s
T_D		2.229	s
Accel. massima al suolo	$S \cdot a_{gmax}$	0.230	g
Accel. massima spettro (plateau)	$F_0 \cdot S \cdot a_{gmax}$	0.571	g
Spostamento testa spalla (par.7.3.3.3 NTC)	$d\epsilon = d\epsilon_e \cdot \mu_d$	0.000	m
k_1		0.45	
k_2		0.55	
d_g (par.3.2.3.2.1 NTC)		0.006	m
Dilatazione termica impalcato	D_t	0.0075	m
E1	$2 \cdot D_t$	0.015	m
E2	$4 \cdot d\epsilon \cdot k_2$	0.000	m
E3	$2 \cdot d_g$	0.013	m
EL	$k_1 \cdot (E1 + E2 + E3)$	0.013	m