



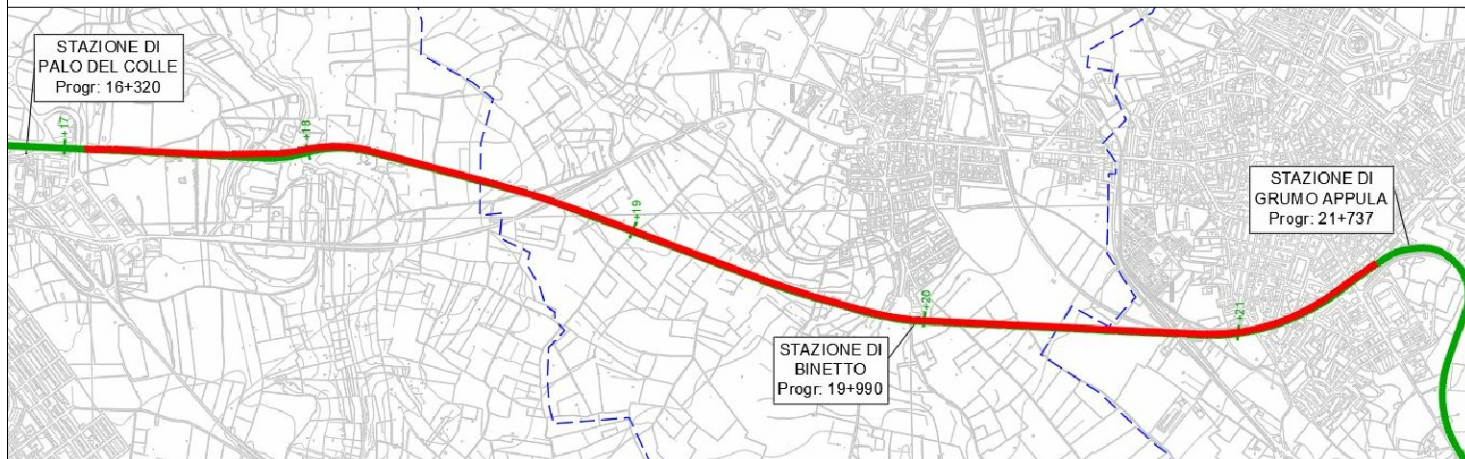
FERROVIE APPULO LUCANE S.R.L.

Ferrovie Appulo Lucane

PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE, VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE, DEL RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA

C.U.P.: G21E16000380001

C.I.G.: 72395498D2



RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Dott. Ing. MASSIMILIANO NATILE

FIRME:



Integrazione delle prestazioni specialistiche:

Ing. MARCO RASIMELLI

Resp. Studio SIA

Ing. DINO BONADIES

Geologia :

Dott. Geol. STEFANO PIAZZOLI

Ing. SIMONE PELLEGRINI

Ing. VALERIO MASTROIANNI

Geom. CARLO ROSI



Ing. PRIMO STASI

Geologia :

Dott. Geol. MARIO STANI

Studio SIA:

Arch. LUCIA LEPORE



Ing. ANTONIO DI LEO


Coordinamento Sicurezza in fase di Progetto

Ing. NICOLA LABARILE

PROGETTO DEFINITIVO


Elaborato ST0014		Pratica 18021_DAR	PONTE Progr. 19+810.43 RELAZIONE DI CALCOLO			
Scala -		Codifica elaborato DAR_3RS005a				
A	GIUGNO 2020	PRIMA EMISSIONE	PAGLIA	PAGLIA	PELLEGRINI	M. RASIMELLI
Rev.	Data	Motivazione	Redatto	Verificato	Approvato	Autorizzato

Questo documento è di proprietà esclusiva. E' proibita la riproduzione anche parziale e la cessione a terzi senza la nostra autorizzazione.


 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 1 di 88</p>
---	--	---

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVE.....	6
3	RELAZIONE SUI MATERIALI	8
3.1	CALCESTRUZZO	8
3.1.1	<i>Calcestruzzo per strutture di fondazione ed elevazione (classe C32/40).....</i>	<i>10</i>
3.1.2	<i>Copriferro di progetto delle armature</i>	<i>11</i>
3.1.3	<i>Magrone di sottofondazione.....</i>	<i>11</i>
3.2	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO (B450C)	12
3.2.1	<i>Caratteristiche meccaniche e di calcolo (acciaio B450C)</i>	<i>13</i>
4	PARAMETRI GEOTECNICI.....	14
4.1	TERRENO DI FONDAZIONE.....	14
4.2	TERRENO A TERGO DELLE OPERE	15
4.3	FALDA FREATICA.....	15
4.4	MICROPALI - CARICO LIMITE A COMPRESSIONE E TRAZIONE.....	16
4.5	MICROPALI - CARICO LIMITE ORIZZONTALE.....	16
5	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	17
6	CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA	20
6.1	TIPO DI ANALISI SVOLTA.....	20
6.2	MODELLI DI CALCOLO.....	21
6.3	CODICE DI CALCOLO	25
7	ANALISI DEI CARICHI	26
7.1	PESO PROPRIO	26
7.2	SOVRACCARICO PERMANENTE	26

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 2 di 88</p>
---	--	---

7.3	SOVRACCARICO FERROVIARIO SULLA COPERTURA.....	26
7.4	SOVRACCARICO SULLA FONDAZIONE.....	27
7.5	SPINTA STATICA DEL TERRENO	28
7.6	SPINTA STATICA DEL SOVRACCARICO FERROVIARIO A TERGO	29
7.7	FORZE D'INERZIA SISMICHE	30
7.8	INCREMENTO DI SPINTA SISMICA DEL TERRENO.....	31
7.9	SCHEMI DI CALCOLO	32
8	CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO	34
8.1	CONDIZIONI DI CARICO.....	34
8.2	COMBINAZIONI DI CARICO (PONTE SCATOLARE)	35
8.3	COMBINAZIONI DI CARICO (MURO AD U)	36
9	VERIFICA DEL PONTE SCATOLARE	37
9.1	CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE	37
9.2	VERIFICA DELLA SOLETTA	38
9.2.1	Verifica in mezzeria.....	38
9.2.2	Verifica agli appoggi.....	39
9.3	VERIFICA DELLE PARETI	41
9.3.1	Verifica delle sezioni d'estremità.....	41
9.3.2	Verifica delle sezioni a metà altezza.....	43
9.4	VERIFICA DELLE FONDAZIONI	44
9.5	VERIFICA DEI MICROPALI	47
10	VERIFICA DEL MURO AD U	49
10.1	CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE	49
10.2	VERIFICA DELLE PARETI	50
10.3	VERIFICA DELLE FONDAZIONI	52
10.4	VERIFICA DEI MICROPALI	54
11	MURO DI SOSTEGNO.....	56
11.1	SEZIONE 1 - H = 5.87M.....	57
11.1.1	Caratteristiche di sollecitazione allo spiccato	58
11.1.2	Verifica a flessione del muro.....	59

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 3 di 88</p>
---	---	---

11.1.3	Verifica a taglio del muro	60
11.1.4	Verifica a flessione della fondazione	61
11.1.5	Carichi a intradosso fondazione	62
11.1.6	Verifica a compressione dei micropali	63
11.1.7	Verifica a trazione dei micropali	63
11.1.8	Verifica a carico limite orizzontale dei micropali	64
11.2	SEZIONE 2 - H = 4.75M.....	65
11.2.1	Caratteristiche di sollecitazione allo spiccato	66
11.2.2	Verifica a flessione del muro.....	67
11.2.3	Verifica a taglio del muro	68
11.2.4	Verifica a flessione della fondazione	69
11.2.5	Carichi a intradosso fondazione	70
11.2.6	Verifica a compressione dei micropali	71
11.2.7	Verifica a trazione dei micropali.....	71
11.2.8	Verifica a carico limite orizzontale dei micropali	72
11.3	SEZIONE 3 - H = 3.43M.....	73
11.3.1	Caratteristiche di sollecitazione allo spiccato	74
11.3.2	Verifica a flessione del muro.....	75
11.3.3	Verifica a taglio del muro	76
11.3.4	Verifica a flessione della fondazione	77
11.3.5	Carichi a intradosso fondazione	78
11.3.6	Verifica a compressione dei micropali	79
11.3.7	Verifica a trazione dei micropali.....	79
11.3.8	Verifica a carico limite orizzontale dei micropali	80
11.4	SEZIONE 4 - H = 2.10M.....	81
11.4.1	Caratteristiche di sollecitazione allo spiccato	82
11.4.2	Verifica a flessione del muro.....	83
11.4.3	Verifica a taglio del muro	84
11.4.4	Verifica a flessione della fondazione	85
11.4.5	Carichi a intradosso fondazione	86
11.4.6	Verifica a compressione dei micropali	87
11.4.7	Verifica a trazione dei micropali.....	87
11.4.8	Verifica a carico limite orizzontale dei micropali	88



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

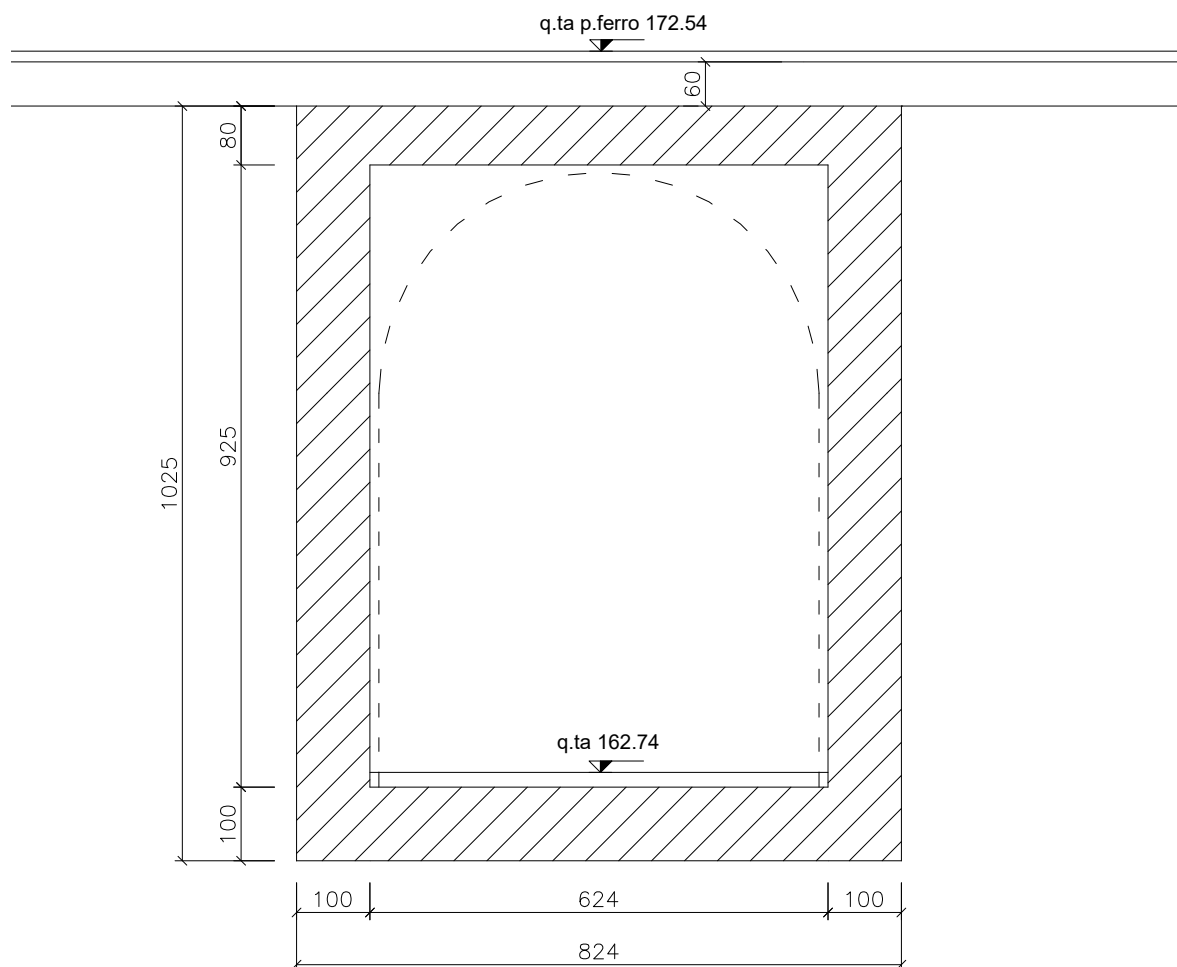
Pag. 4 di 88

1 PREMESSA

Il presente documento riporta la relazione di calcolo strutturale del progetto definitivo del Ponte ad arco da realizzare al km19+810.43 dell'intervento di raddoppio della linea delle Ferrovie Appulo Lucane compresa tra la stazione di Palo del Colle e quella di Grumo Appula. La soluzione strutturale proposta, a scatolare chiuso in c.a. non interferisce con il ponte ad arco esistente in muratura, rispetto al quale dovrà essere giuntato longitudinalmente.

Inoltre la soluzione lascerà inalterato il varco idraulico e riproporrà in prospetto l'arco in muratura per mezzo di una veletta in calcestruzzo rivestita con pannelli in pietra locale.

Si riporta di seguito la sezione trasversale del ponte analizzata nella presente relazione di calcolo:




Sezione trasversale del ponte "ad arco"

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 5 di 88
---	---	--

Oltre alla verifica del ponte, il documento riporta anche la verifica strutturale dei muri da realizzare in uscita dallo scatolare e in particolare:

- la verifica del muro ad U, con fondazione di spessore 1m e paramento verticale di altezza e spessore allo spiccatto variabili da 9.75m/100cm a 7.00m/70cm
- la verifica dei muri a mensola, con fondazione di spessore 80cm e paramento verticale di altezza e spessore allo spiccatto variabili da 7.00m/70cm a 2.10m/30cm

Le analisi e le verifiche di calcolo sono condotte agli stati limite secondo le prescrizioni della vigente normativa italiana (**DM 17/01/2018** e **CM 21/01/2019**) facendo riferimento per la definizione dell'azione sismica ai parametri di calcolo prodotti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e riportati in allegato alle precedenti NTC in funzione delle coordinate geografiche del sito di progetto. Si fa presente che per le verifiche strutturali allo stato limite ultimo si fa riferimento all'approccio 2, che considera come coefficienti parziali delle azioni γ_F quelli riportati nella colonna "A1 STR" della tabella 5.1.V del decreto e come coefficienti parziali γ_M per i parametri geotecnici del terreno valore unitario come risulta dai valori riportati nella colonna "M1" della tabella 6.2.II.

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 6 di 88</p>
---	--	---

2 NORMATIVE

Legge 05-11-1971 n°1086 – *“Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”*

Legge 02-02-1974 n° 64 – *“Provvedimenti delle costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”*

D.M. 17.01.2018 NTC – *“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”*

CIRC. MIN LL.PP. n°7 del 21/01/2019 -*“Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle “Norma Tecniche per le Costruzioni” di cui al DM 17 gennaio 2018*

DT 207/2007: *“ Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle strutture in legno”*

D.M. 16.02.2007 – *“Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione”*

D.M. 09.03.2007 – *“Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco”*

UNI-EN 1090-2:2011 - *“Esecuzioni di strutture in acciaio ed alluminio. Parte 2 Requisiti tecnici per strutture di acciaio”.*

Per quanto non riportato e non in contrasto con le sopra citate Normative si fa riferimento anche alle:

UNI ENV 1992 - Eurocodice n. 1: Azioni sulle strutture.

UNI ENV 1992 - Eurocodice n. 2: Progettazione delle strutture cementizie.

UNI ENV 1993 - Eurocodice n. 3: Progettazione delle strutture di acciaio.

UNI ENV 1994 - Eurocodice n. 4: Progettazione delle strutture miste acciaio-clt.

UNI ENV 1995 - Eurocodice n. 5: Progettazione delle strutture di legno.

UNI ENV 1996 - Eurocodice n. 6: Progettazione delle strutture di muratura.

UNI ENV 1997 - Eurocodice n. 7: Progettazione geotecnica.

UNI ENV 1998 - Eurocodice n. 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica.

CNR/DT “Norme tecniche specifiche emesse dal Centro Nazionale Ricerche uscite dalla fase sperimentale”

Linee guida sul calcestruzzo strutturale emesse dal servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Dicembre 1996)

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 7 di 88
---	---	--

Per le caratteristiche dei materiali si fa riferimento alle seguenti Norme:

UNI-EN 338/2004. - Classi di resistenza per legno massiccio

UNI-EN 14080/2005. – Strutture in legno lamellare incollato

UNI 9858 - Calcestruzzo, Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità.

ENV 206 - Concrete, Performance, production, placing and compliance criteria.


UNI-ENV 197/1 - Cemento, Composizione, Specificazioni e criteri di conformità.

UNI 8520 - Aggregati per confezione di calcestruzzi - Definizione, classificazione e caratteristiche.

UNI 5744 - Rivestimenti metallici protettivi a caldo. Rivestimenti di zinco ottenuti per immersione.

UNI EN 10025 - Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali - Condizioni tecniche di fornitura.

UNI EN 10020 - Definizione e classificazione dei tipi di acciaio.

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 8 di 88</p>
---	--	---

3 RELAZIONE SUI MATERIALI

I materiali ed i prodotti per uso strutturale devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito:

- *Identificati* univocamente a cura del produttore , secondo le procedure applicabili;
- *Qualificati* sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili;
- *Accettati* dal direttore dei Lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione;

Nell'esecuzione delle opere in oggetto è previsto l'impiego dei seguenti materiali.

3.1 Calcestruzzo

I componenti del calcestruzzo devono avere le seguenti caratteristiche:

Leganti

Devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di conformità ad una norma armonizzata della serie UNI EN 197

Aggregati

Gli aggregati dovranno rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520 parte 2 relativamente al contenuto di sostanze nocive. In particolare: - il contenuto di solfati solubili in acido (espressi come SO₃ da determinarsi con la procedura prevista dalla UNI-EN 1744-1 punto 12) dovrà risultare inferiore allo 0.2% sulla massa dell'aggregato indipendentemente se l'aggregato è grosso oppure fine (aggregati con classe di contenuto di solfati AS0,2); - il contenuto totale di zolfo (da determinarsi con UNI-EN 1744-1 punto 11) dovrà risultare inferiore allo 0.1%; - non dovranno contenere forme di silice amorfa alcali-reattiva o in alternativa dovranno evidenziare espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 9 di 88
---	---	--

La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine.

La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 20-25 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.

In definitiva gli inerti dovranno essere lavati ed esenti da corpi terrosi ed organici. Non sarà consentito assolutamente il misto di fiume. L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere potabile, priva di sali (cloruri e solfuri).

Potranno essere impiegati additivi fluidificanti o superfluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria.

Assortimento granulometrico in composizione compresa tra le curve granulometriche sperimentali:


- passante al vaglio di mm 16 = 100%
- passante al vaglio di mm 8 = 88-60%
- passante al vaglio di mm 4 = 78-36%
- passante al vaglio di mm 2 = 62-21%
- passante al vaglio di mm 1 = 49-12%
- passante al vaglio di mm 0.25 = 18-3%

Acque di impasto

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alle norme UNI EN 1008:2003

L'acqua per l'impasto deve essere limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuale dannose e non essere aggressiva.

Le caratteristiche di composizione della miscela, di resistenza meccanica e di lavorabilità, nonché le classi di esposizione dei calcestruzzi utilizzati nell'esecuzione delle opere dovranno essere corrispondenti a quelli sotto riportati utilizzati per le verifiche di progetto.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 10 di 88
---	---	---

3.1.1 Calcestruzzo per strutture di fondazione ed elevazione (classe C32/40)

Si riportano di seguito le caratteristiche meccaniche e di calcolo relative al calcestruzzo di classe C32/40 previsto per le opere di progetto:

Calcestruzzo per strutture di fondazione ed elevazione DM. 17.01.2018 – UNI EN 206-1 – UNI11104-2016

Classe di resistenza	C32/40	Resistenza cilindrica/resistenza cubica a compressione
Ambiente di esposizione		Ciclicamente asciutto e bagnato
Classe di esposizione	XC4+XD1	
ρ	25 kN/m ³	Peso specifico
Classe di consistenza	S4	Slump
Dimensione max dell'aggregato	32 mm	
a/c	< 0,50	Rapporto acqua cemento nella miscela
Dosaggio minimo di cemento	340 Kg/m ³	
Classe e tipo di cemento	42.5	Conforme alla UNI EN 197-1
γ_c	1,5	Coefficiente di sicurezza
α_{cc}	0,85	Coeff. Per resistenza a lunga durata
ν	0,2	Coefficiente di Poisson
ε_{c2}	0,2%	Allungamento al limite elastico
ε_{cu}	0,35%	Allungamento a rottura
α	0,00001 C ⁻¹	Coefficiente di dilatazione termica

Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck} = 40 \text{ MPa}$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0.83R_{ck} = 33.2 \text{ MPa}$
Resistenza caratteristica cilindrica media	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.2 \text{ MPa}$
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30f_{ck}^{2/3} = 3.10 \text{ MPa}$
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctfm} = 1.2f_{ctm} = 3.72 \text{ MPa}$
Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%)	$f_{ctk} = 0.7f_{ctm} = 2.17 \text{ MPa}$
Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%)	$f_{ctk} = 1.3f_{ctm} = 4.03 \text{ MPa}$
Modulo di elasticità longitudinale	$E_{cm} = 22000[f_{cm}/10]^{0.3} = 33643 \text{ MPa}$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 0.85f_{ck}/1.5 = \mathbf{18.81 \text{ MPa}}$
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = 2.17/1.5 = 1.45 \text{ MPa}$

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 11 di 88</p>
---	--	--

3.1.2 Copriferro di progetto delle armature

Il valore minimo dello strato di ricoprimento delle armature (copriferro) viene determinato sulla base delle prescrizioni riportate al paragrafo C4.1.6.1.3 della C.M. del 21/01/2019, che invita a considerare i valori minimi della tabella sottostante incrementati di 10mm per la tolleranza di posa e di ulteriori 10mm per opere con vita nominale di 100 anni:

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
C _{min}	C ₀	ambiente	C ≥ C ₀	C _{min} ≤ C < C ₀	C ≥ C ₀	C _{min} ≤ C < C ₀	C ≥ C ₀	C _{min} ≤ C < C ₀	C ≥ C ₀	C _{min} ≤ C < C ₀
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	55

Pertanto il copriferro delle armature principali, da prescrivere sugli elaborati grafici, risulta:


- Copriferro di progetto = 50mm

Il copriferro di calcolo da considerare nelle verifiche di resistenza, sarà invece la distanza tra l'asse delle armature considerate e il bordo esterno della sezione.

3.1.3 Magrone di sottofondazione

Preliminarmente al getto delle strutture di calcestruzzo, il piano di fondazione dovrà essere opportunamente livellato con uno strato di calcestruzzo magro di spessore 20cm, a basso contenuto di cemento:

- cemento 42.5R dosato a 150Kg/m³
- spessore minimo s = 20 cm

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 12 di 88
---	--	---

3.2 Acciaio per Cemento Armato (B450C)

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile, per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo d'acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.

Le caratteristiche, meccanica, di resistenza e di lavorabilità degli acciai utilizzati nell'esecuzione delle opere dovranno essere corrispondenti a quelli sotto riportati utilizzati per le verifiche di progetto.

Saldabilità

Negli acciai per cemento armato l'analisi chimica effettuata su colata e l'eventuale analisi chimica di controllo effettuata sul prodotto finito deve soddisfare le limitazioni riportate nella Tab. 11.3.II del § 11 delle NTC2018 dove il calcolo del carbonio equivalente C_{eq} è effettuato con la seguente formula:


$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

in cui i simboli chimici denotano il contenuto degli elementi stessi espresso in percentuale.

Tabella 11.3.II – Massimo contenuto di elementi chimici in %

		Analisi di prodotto	Analisi di colata
Carbonio	C	0,24	0,22
Fosforo	P	0,055	0,050
Zolfo	S	0,055	0,050
Rame	Cu	0,85	0,80
Azoto	N	0,014	0,012
Carbonio equivalente	C_{eq}	0,52	0,50

È possibile eccedere il valore massimo di C dello 0,03% in massa, a patto che il valore del C_{eq} venga ridotto dello 0,02% in massa. Contenuti di azoto più elevati sono consentiti in presenza di una sufficiente quantità di elementi che fissano l'azoto stesso.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 13 di 88
---	---	---

3.2.1 Caratteristiche meccaniche e di calcolo (acciaio B450C)

Si riportano di seguito le caratteristiche meccaniche e di calcolo relative all'acciaio di armatura B450C:

Acciaio per c.a. B450C

Classe di resistenza	B450C	<i>Tipo di acciaio per c.a.</i>
ρ	78.50 KN/m ³	<i>Peso specifico</i>
Modulo elastico	210000 N/mm ²	<i>Modulo di Young</i>
γ_s	1,15	<i>Coefficiente di sicurezza</i>
Tensione nominale di snervamento	$f_{y\ nom} = 450\text{ MPa}$	
Tensione nominale di rottura	$f_{t\ nom} = 540\text{ MPa}$	
Tensione di snervamento caratteristica (5%)	$f_{yk} \geq 450\text{ Mpa}$	
Tensione di rottura caratteristica (5%)	$f_{tk} \geq 540\text{ Mpa}$	
Rapporto (ft/fy) caratteristico (10%)	$1.15 \leq (ft/fy)_k < 1.35$	
Rapporto (fy/fy _{nom}) caratteristico (10%)	$(fy/fy_{nom})_k \leq 1.25$	
Allungamento (Agt) caratteristico (10%)	$(Agt)_k \geq 7.5\%$	
Tensione di calcolo a snervamento	$f_{yd} = 450/1.15 = \mathbf{391\text{ Mpa}}$	

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 14 di 88
---	---	---

4 PARAMETRI GEOTECNICI

4.1 TERRENO DI FONDAZIONE

Le indagini svolte nella zona d'intervento (n.2 sondaggi a carotaggio continuo S6_1, S6_2, n.1 prospezione sismiche MASW M6_1, n.1 sondaggio geoelettrico ERT E6_2, analisi di laboratorio sui campioni prelevati), descritte nella relazione geologica, hanno permesso di accertare la presenza in sito di 3 unità geotecniche principali:

- 1) *un livello superficiale R (da 0 sino a 2.00/2.50 m) costituito da terreno vegetale e terra rossa ($\gamma=16$ kN/m³)*
- 2) *un livello intermedio Ca1 (da 2.00/2.50 sino a 5.00m) costituito da un calcare molto carsificato misto a terra rossa ($\gamma=19$ kN/m³)*
- 3) *un livello profondo Ca2 (da 5.00m sino alla profondità d'interesse) costituito da un calcare fratturato e stratificato ($\gamma=21$ kN/m³)*


Ai sensi delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (2018), i terreni in oggetto appartengano alla categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo A.

Si ricorda che ai sensi del suddetto decreto il profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo **A** riguarda "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3m".

Il progetto prevede la realizzazione di micropali trivellati $\Phi 240$ di lunghezza 8m tale da intestarsi per 4m nello strato profondo Ca2 di calcare fratturato e stratificato.

Per le verifiche di portanza dei micropali, si considerano i corrispondenti valori di resistenza dedotti dalla relazione geologica:

- Resistenza uniassiale a compressione della roccia **ftk = qult = 5.2 Mpa**
- Resistenza laterale della roccia **ftkb = c = 0.146 Mpa**

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 15 di 88
---	---	---

Nella modellazione, la rigidezza verticale della sottofondazione su micropali, sarà schematizzata con un legame elastico lineare alla Winkler, con costante di sottofondo pari al valore:

- $K_w = 12830/B = 12830/824 \cong \mathbf{15 \text{ kg/cm}^3}$ (per il ponte scatolare)
- $K_w = 12830/972 \cong \mathbf{13 \text{ kg/cm}^3}$ (per il muro ad "U")

A favore di sicurezza l'analisi delle 2 strutture è stata ripetuta inserendo una rigidezza dieci volte più bassa.


4.2 TERRENO A TERGO DELLE OPERE

Il terreno a tergo dei muri e dello scatolare, sarà costituito da un riempimento in materiale compattato da rilevato, per il quale la spinta sarà calcolata considerando i seguenti parametri meccanici:

- $\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$
- $\varphi = 35^\circ$
- $c' = 0$
- $\delta = 23^\circ$

4.3 FALDA FREATICA

Nel territorio oggetto d'intervento, la falda freatica si trova ad una profondità tale da non interagire con le opere di progetto.

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 16 di 88</p>
---	--	--

4.4 MICROPALI - CARICO LIMITE A COMPRESSIONE E TRAZIONE

CALCOLO DEL CARICO LIMITE VERTICALE DEI MICROPALI A COMPRESSIONE				
APPROCCIO 2 - AMMORSAMENTO IN ROCCIA				
Diametro di perforazione palo	Φ_{perf}		240	mm
Diametro reso micropalo	Φ_{reso}		260	mm
Diametro armatura tubolare	Φ_{arm}		177.8	mm
Spessore armatura tubolare	s		10	mm
Lunghezza di ammorsamento in roccia	L		4000	mm
Caratteristiche acciaio				
Tipo acciaio palo			FE510/S355	
Resistenza di progetto acciaio	f_{yd}		338.10	Mpa
Caratteristiche terreno				
Fattore di correlazione (p.to 6.4.3.1.1.b) NTC2018	ξ		1.7	
Resistenza a compressione uniassiale roccia	f_{tk}		5.2	Mpa
Resistenza laterale roccia	f_{tkb}		0.146	Mpa
Resistenza di progetto a compressione roccia	$f_{td} = f_{tk}/1.6$		3.25	Mpa
Aderenza laterale di progetto roccia	$f_{tbd} = f_{tkb}/1$		0.146	Mpa
PORTATA VERTICALE PALO - LATO ACCIAIO				
Area acciaio resistente dell'armatura tubolare	A_s		5272	mm ²
Portata verticale lato acciaio	$N_{rds} = A_s \times f_{yd}$		1782.30	kN
PORTATA VERTICALE PALO - LATO TERRENO				
Resistenza caratteristica palo per aderenza laterale	$N_{rkl} = \Phi_{reso} \times \pi \times L \times f_{tbd} / \xi$		280.60	kN
Resistenza caratteristica palo di punta	$N_{rkp} = (\Phi_{reso}^2 \times \pi / 4) \times f_{td} / \xi$		101.50	kN
Resistenza di progetto palo per aderenza laterale	$N_{rdl} = N_{rkl} / 1.15$		244.00	kN
Resistenza di progetto palo di punta	$N_{rdp} = N_{rkp} / 1.35$		75.19	kN
Portata verticale lato terreno	$N_{rdt} = N_{rdl} + N_{rdp}$		319.19	kN
PORTATA VERTICALE PALO A COMPRESSIONE	$N_{rd} = \min(N_{rdt}; N_{rds})$		319.19	kN
CALCOLO DEL CARICO LIMITE DEI MICROPALI A TRAZIONE				
Resistenza caratteristica palo per aderenza laterale	$N_{rkl} = \Phi_{reso} \times \pi \times L \times f_{tbd} / \xi$		280.60	kN
Resistenza di progetto a trazione	$N_{rdl} = N_{rkl} / 1.25$		244.00	kN

4.5 MICROPALI - CARICO LIMITE ORIZZONTALE

CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEI MICROPALI - TERRENO INCOERENTE (meccanismo di palo lungo)				
Peso di volume medio del terreno	γ	18	kN/m ³	
Angolo di attrito medio del terreno	Φ	30.00	°	
Coefficiente di spinta passiva	K_p	3.00		
Modulo plastico del tubolare d'acciaio	W_{pl}	281.90	cm ³	
Momento di plasticizzazione del micropalo	M_{ypl}	95.31	kNxm	
Carico limite orizzontale	H	119.89	kN	
Fattore di correlazione	ξ	1.4		
Carico limite orizzontale caratteristico	$H_{lim k}$	85.64	kN	
Carico limite di progetto	$H_{lim d} = H_{lim k} / 1.3$	65.88	kN	

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 17 di 88
---	---	---

5 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'intero territorio nazionale è rappresentato attraverso una griglia regolare di nodi, detta *reticolo di riferimento*, posti a distanza sufficientemente ravvicinata (non distano più di 10 km l'uno dall'altro) nelle due direzioni orizzontali. Per ciascuno dei nodi del reticolo sono forniti, in corrispondenza di 9 differenti valori del periodo di ritorno (da 30 anni a 2475 anni) i valori dei parametri (F_0 , a_g , T^*_c), necessari per la definizione delle forme spettrali. I valori di detti parametri sono riportati nell'allegato B al DM 14.01.2008 utilizzabile ai sensi del paragrafo 3.2 delle NTC2018. In particolare per la struttura in oggetto si considerano le seguenti coordinate:




Coordinate geografiche (sistema WG84) di localizzazione

Longitudine est = 16,7036°

Latitudine Nord = 41,0253°

Stati limite analizzati

SLC	Stato limite ultimo di prevenzione del collasso (SLC)
SLV	Stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV)
SLD	Stato limite di esercizio di danno (SLD)
SLO	Stato limite di esercizio di operatività (SLO)

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 18 di 88</p>
---	--	--

Parametri caratteristici per la determinazione dello spettro sismico elastico	
$V_N=100$	Vita nominale dell'opera come definito in tab. 2.4.I
Classe= III	Classe d'uso
$C_U=1.5$	Coeff. d'uso come definito nella tab. 2.4.II
Cat.=A	Categoria del sottosuolo
Cat.=T1	Categoria topografica
$S_{S,SLV}=1.00$	Coefficiente di amplificazione stratigrafico
$S_T=1.00$	Coefficiente di amplificazione topografica
$S = S_S \times S_T = 1.00$	
$V_R = V_N C_U = 100 \times 1.5 = 150$	Periodo di riferimento

L'analisi sismica viene svolta in campo elastico lineare adottando un fattore di struttura unitario (analisi non dissipativa – $q=1.0$).

Con riferimento al sito di progetto, i periodi di ritorno T_R per la definizione dell'azione sismica (in anni) risultano pari a:

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	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="90"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="151"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1424"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2475"/>

I parametri sismici per i periodi T_R associati a ciascuno Stato Limite risultano pari a:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	90	0.046	2.506	0.346
SLD	151	0.056	2.572	0.389
SLV	1424	0.130	2.657	0.530
SLC	2475	0.158	2.673	0.528



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 19 di 88

Allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) si considera il seguente spettro di progetto:

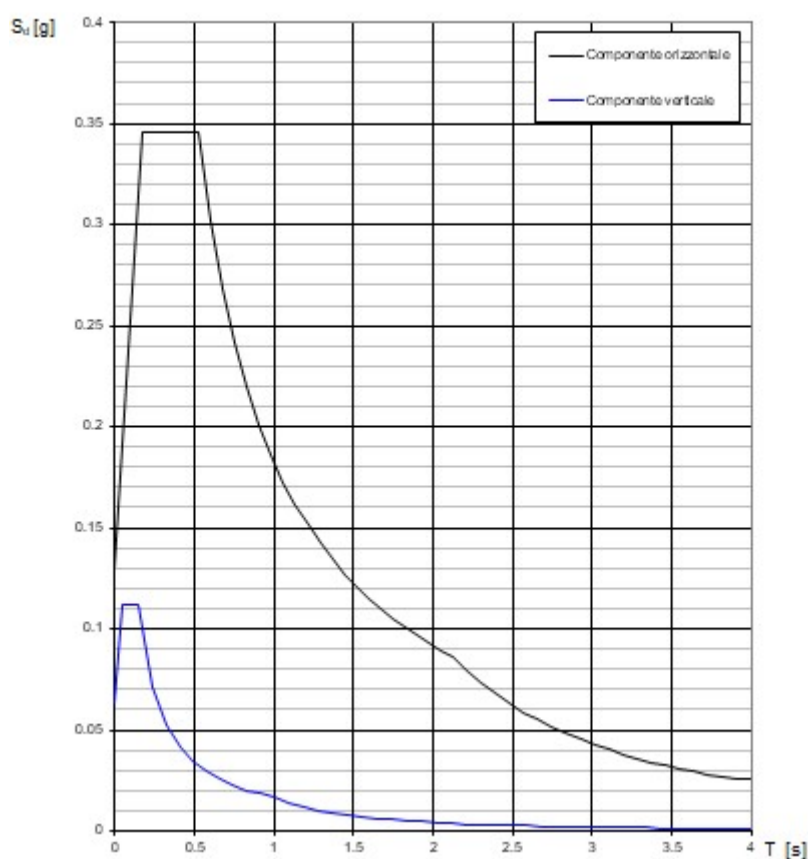
Parametri indipendenti


STATO LIMITE	SLV
a_g	0.130 g
F_o	2.657
T_C	0.530 s
S_S	1.000
C_C	1.000
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.000
η	1.000
T_B	0.177 s
T_C	0.530 s
T_D	2.120 s

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



 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 20 di 88
---	---	---

6 CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA

6.1 TIPO DI ANALISI SVOLTA

In conformità a quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM17/01/2018) e dalla relativa circolare esplicativa (CM21/01/2019) le strutture in oggetto vengono analizzate mediante analisi elastica attraverso il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

L'analisi viene condotta valutando gli effetti delle azioni nell'ipotesi che il legame tensione-deformazione dei materiali sia indefinitamente lineare e imponendo l'equilibrio sulla configurazione iniziale della struttura.

Per determinare gli effetti provocati dalla combinazione dei carichi verticali (pesi propri, finiture, carichi di esercizio), con quelli orizzontali (spinta statica delle terre, effetto dei sovraccarichi accidentali a tergo dei muri) è stata svolta un'analisi elastica lineare di tipo statico con la quale è stato possibile analizzare l'involuppo delle seguenti combinazioni di carico:

- Combinazioni fondamentali allo Stato Limite Ultimo SLU
- Combinazioni allo Stato Limite di Esercizio SLE

Per determinare gli effetti provocati dalla combinazione dei carichi verticali (pesi propri, finiture), con quelli orizzontali del sisma, è stata ripetuta l'analisi statica con la quale si sono analizzate le seguenti combinazioni di carico:

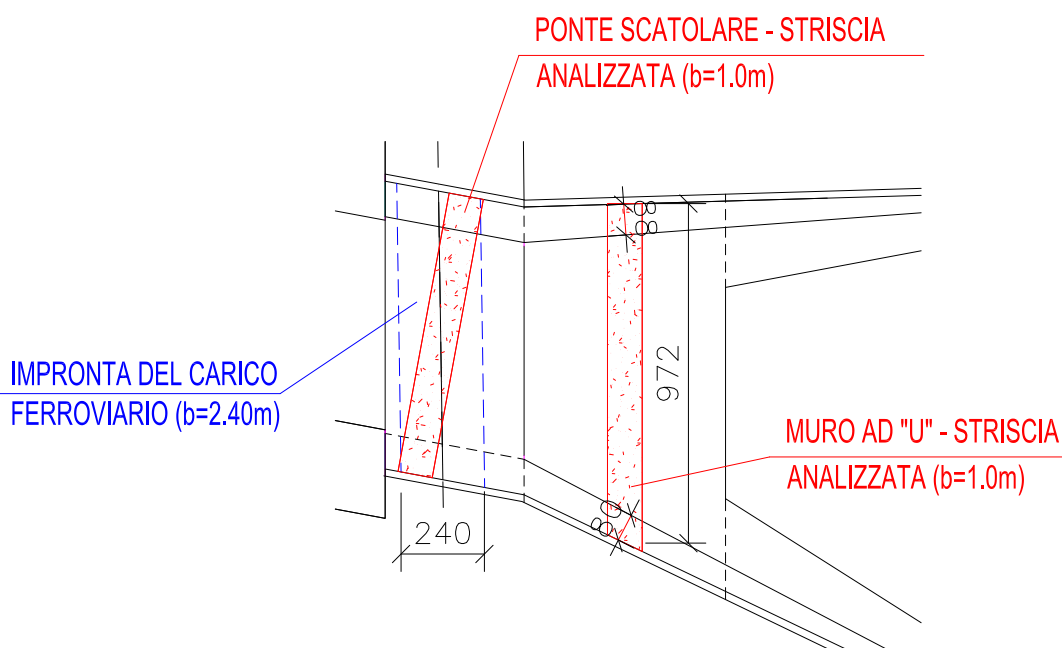
- Combinazioni allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita SLV

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 21 di 88</p>
---	--	--

6.2 MODELLI DI CALCOLO

L'analisi del ponte scatolare e del muro ad "U" è stata eseguita per mezzo di due modelli di calcolo piani agli elementi finiti (monodimensionali) che analizzano a favore di sicurezza strisce di larghezza unitaria ($b=1.0\text{m}$), sotto l'effetto delle condizioni di carico più gravose.

L'interazione tra il terreno e la fondazione viene schematizzata mediante un legame elastico lineare alla Winkler, attribuendo alla costante di sottofondo sia il valore suggerito dalla relazione geologica, di 15 Kg/cm^3 (per il ponte) o 13 Kg/cm^3 (per il muro ad "U") suggerito dalla relazione geotecnica, sia un valore cautelativo 10 volte più piccolo pari a 1.5 Kg/cm^3 o 1.3 kg/cm^3 . La rigidità orizzontale del terreno di rinfiango, viene trascurata a favore di sicurezza.



Il terreno a tergo del ponte scatolare è stato considerato in condizione di spinta a riposo in esercizio, e in condizioni di spinta attiva sotto sisma.

Si riporta di seguito la formula di Mononobe-Okabe adottata per il calcolo del coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche, necessario a valutare l'incremento della spinta:

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi - \beta - \vartheta)}{\cos^2 \beta \cos \vartheta \cos(\delta + \beta + \vartheta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - i - \vartheta)}{\cos(\delta + \beta + \vartheta) \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 22 di 88
---	---	---

dove

- φ = angolo di attrito del terreno
- β = inclinazione rispetto all'orizzontale del terreno a tergo del muro
- $\theta = \arctang[K_h/(1-K_v)]$
- δ = attrito tra muro e terreno
- i = inclinazione rispetto alla verticale del filo interno del paramento

Le forze sismiche d'inerzia agenti sullo scatolare e sul muro ad U, sono state calcolate senza alcuna riduzione adottando un coefficiente β_m di valore unitario. Si riportano di seguito i parametri geotecnici considerati nell'analisi sismica di tali opere:

PARAMETRI SISMICI		TERRENO	
Accelerazione a_g (SLV)	0.130 g	Peso di volume	20.00 KN/m ³
Coefficiente di sottosuolo S	1.000	Angolo di attrito del terreno	35.00 °
Coefficiente di riduzione β_m	1.00	Coesione	0.00 KN/m ²
Coefficiente sismico orizzontale	0.130	Angolo d'attrito terra - muro	23.00 °
Coefficiente sismico verticale (\pm)	0.065	Coefficiente di spinta attiva K_a	0.244
		Coefficiente di spinta sismica K_s (+)	0.322
		Coefficiente di spinta sismica K_s (-)	0.334

Le verifiche del muro ad U sono state svolte analizzando 2 differenti combinazioni di carico. La prima combinazione relativa allo stato limite ultimo SLU, considera le azioni del peso proprio, della spinta statica del terreno considerato in condizioni attive, e la spinta statica di un sovraccarico accidentale a tergo di 10kN/m². Tali carichi sono opportunamente incrementati con i coefficienti parziali γ indicati dalla colonna A1 della tabella 2.6.I delle NTC2018.

La seconda combinazione di carico, relativa allo stato limite SLV, con sisma verticale rivolto verso il basso, considera le azioni statiche del peso proprio, della spinta attiva del terreno e di quella relativa ad un sovraccarico accidentale a tergo di 2kN/m², sommate alle azioni sismiche relative all'incremento di spinta del terreno e alle forze d'inerzia esercitate sulle masse del muro, del cuneo di spinta e del sovraccarico accidentale presente sul cuneo.



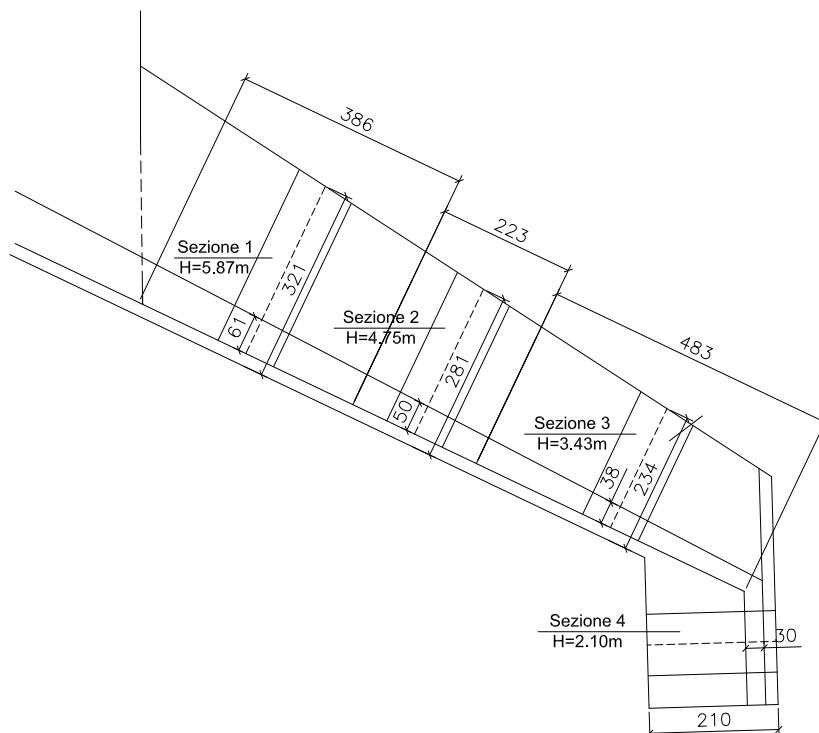
Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO
Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo


DAR_3RS005A.DOC
Data: Giugno 2020
Pag. 23 di 88

Le verifiche dei muri d'ala da realizzare in prosecuzione del muro ad "U" sono caratterizzati da una forte variabilità della geometria lungo il loro sviluppo. Si sono analizzate pertanto 4 sezioni, caratterizzate da differenti valori di altezza e spessore del paramento verticale e di larghezza della fondazione, sempre di spessore 80cm:




A differenza delle precedenti analisi condotte sullo scatolare e sui muri a "U", le forze sismiche d'inerzia agenti sui muri d'ala, sono state calcolate adottando un coefficiente di riduzione $\beta_m = 0.38$ valutando l'esistenza di una condizione di scorrimento non impedito (come suggerito dal paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC2018). In quest'ultimo caso, come riportato sui fogli di calcolo Excel utilizzati per le verifiche, i parametri sismici e geotecnici del terreno si modificano:

PARAMETRI SISMICI		TERRENO	
Accelerazione a_g (SLV)	0.129 g	Peso di volume	20.00 KN/m ³
Coefficiente di sottosuolo S	1.000	Angolo di attrito del terreno	35.00 °
Coefficiente di riduzione β_m	0.38	Coesione	0.00 KN/m ²
Coefficiente sismico orizzontale	0.049	Angolo d'attrito terra - muro	23.00 °
Coefficiente sismico verticale (\pm)	0.025	Coefficiente di spinta attiva K_a	0.244
		Coefficiente di spinta sismica K_s (+)	0.272
		Coefficiente di spinta sismica K_s (-)	0.274

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 24 di 88
---	---	---


Sono state analizzate 3 differenti combinazioni di carico. La prima combinazione relativa allo stato limite ultimo SLU, considera le azioni del peso proprio, della spinta statica del terreno considerato in condizioni attive, e la spinta statica di un sovraccarico accidentale a tergo di 10kN/m². Tali carichi sono opportunamente incrementati con i coefficienti parziali γ indicati dalla colonna A1 della tabella 2.6.I delle NTC2018. Le altre 2 combinazioni di carico, relative allo stato limite SLV, con sisma verticale rivolto rispettivamente verso il basso e verso l'alto, considerano le azioni statiche del peso proprio, della spinta attiva del terreno e di quella relativa ad un sovraccarico accidentale a tergo di 2kN/m², sommate alle azioni sismiche relative all'incremento di spinta del terreno e alle forze d'inerzia esercitate sulle masse del muro, del cuneo di spinta e del sovraccarico accidentale presente sul cuneo.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 25 di 88
---	---	---

6.3 CODICE DI CALCOLO

Il codice di calcolo utilizzato per la l'analisi delle strutture in oggetto, è il programma agli elementi finiti WinStrand della En.Ex.Sys. S.r.l. (num. serie 8969PGLFDR) , con sede in via Tizzano 46/2, 40033 Casalecchio di Reno (Bologna), aggiornato all'ultima versione (2019 - 055). Il programma esegue il calcolo agli elementi finiti di strutture comunque disposte nello spazio, lavorando in campo elastico lineare. Il programma si basa su un suo solutore interno agli elementi finiti. Il codice è da considerarsi estremamente affidabile perché basato su un solutore collaudato e perché la documentazione fornita è corredata da una serie di esempi tratti dalla bibliografia tecnica e calcolati con altre procedure o risolti in forma chiusa.

La valutazione dei risultati forniti dal software per la struttura in oggetto è positiva in quanto i valori ottenuti sono concordi a quelli ottenuti con dei semplici calcoli manuali.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 26 di 88
---	---	---

7 ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi di progetto, considerati nella presente relazione di calcolo dedotti in base alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018), con particolare riferimento ai capitoli 5 per le azioni statiche e 7 per le azioni sismiche.

7.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio della struttura analizzata è funzione della sua geometria e del peso di volume del materiale (γ c.a. = 25 kN/m³). Esso viene applicato in automatico dal programma di calcolo agli elementi del modello in funzione della loro sezione:

- $G_k (1) = 25 \times 0.8 = 20 \text{ kN/m}^2$ (peso soletta di copertura)
- $G_k (2) = 25 \times 1.0 = 25 \text{ kN/m}^2$ (peso pareti e soletta di fondazione)

7.2 SOVRACCARICO PERMANENTE

Sulla soletta di copertura dello scatolare si considera il carico trasmesso dal peso proprio della massicciata e dell'armamento ferroviario, valutato con riferimento al paragrafo 5.2.2.1.1. delle NTC2018 nel seguente modo:

- $P_k (\text{soletta}) = 18 \times 0.8 = 14.4 \text{ kN/m}^2$


Sulla soletta di fondazione si considera il peso proprio di un pacchetto stradale di spessore 20cm, valutato considerando un peso di volume di 22kN/m³:

- $P_k (\text{fondazione}) = 22 \times 0.20 = 4.40 \text{ kN/m}^2$

7.3 SOVRACCARICO FERROVIARIO SULLA COPERTURA

Come sovraccarico ferroviario applicato alla soletta dello scatolare, si considera il treno di carico SW/2 , amplificato attraverso il coefficiente d'incremento dinamico $\Phi 3$.

Tale coefficiente viene valutato per un ridotto standard manutentivo con riferimento alla formula [5.2.7] e al punto 5.4 della tabella 5.2.II delle NTC2018. Poiché l'altezza libera dello

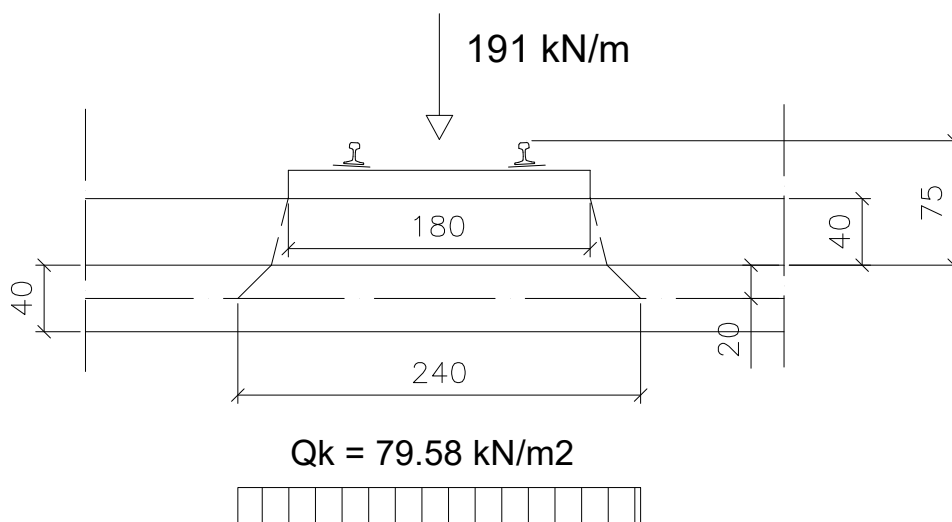
 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 27 di 88</p>
---	--	--

scatolare è maggiore di 5m, la lunghezza caratteristica L_Φ viene calcolata moltiplicando per 0.9 la lunghezza determinata secondo il punto 5.2:

- $L_\Phi = k l_m = 1.3 \times (2 \times 9.35 + 7.20) / 3 = 11.22 \text{ m}$
- $\Phi_3 = 0.9 \times (2.16 / (\sqrt{11.22 - 0.2}) + 0.73) = 1.274$

Trasferendo il carico dinamicizzato del treno SW/2, dalla base delle traversine fino all'asse della soletta ripartendolo con pendenza 1:4 attraverso il ballast e 1:1 attraverso il calcestruzzo, il carico di progetto a metro quadrato risulta:


- B ripartizione = 2.40m
- $Q_k = 1.274 \times 150 / 2.40 = 79.58 \text{ kN/m}^2$



In condizioni sismiche, il carico ferroviario viene ridotto al 20% in base al paragrafo 5.2.2.8 delle NTC2018, che suggeriscono l'utilizzo di un coefficiente di combinazione $\psi_2 = 0.2$.

7.4 SOVRACCARICO SULLA FONDAZIONE

Come sovraccarico accidentale sulla soletta di fondazione si considera un carico uniformemente distribuito di 20 kN/m². In condizioni sismiche, il carico stradale non viene considerato in base al paragrafo 5.1.3.12 delle NTC2018, che suggeriscono di regola l'uso di un coefficiente di combinazione $\psi_2 = 0.0$.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 28 di 88
---	---	---

7.5 SPINTA STATICA DEL TERRENO

Sulle pareti dello scatolare la spinta del terreno è stata considerata con distribuzione trapezoidale adottando in condizioni statiche il coefficiente di spinta a riposo K_0 e in condizioni sismiche il coefficiente di spinta sismica K_a , maggiorato secondo la teoria di Mononobe - Okabe in funzione dei parametri sismici di progetto (vedi paragrafi successivi).

Nella spinta viene incluso anche il contributo relativo al peso del ballast e dell'armamento ferroviario, pari a $P_k = 14.4 \text{ kN/m}^2$.

Nello specifico la spinta del terreno viene calcolata in funzione dei seguenti parametri geotecnici:

- peso specifico del terreno $\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$
- angolo di attrito $\varphi' = 35^\circ$
- coesione $c' = 0$
- coefficiente di spinta a riposo $K_0 = 1 - \tan^2 \varphi' = 0.426$
- coefficiente di spinta attiva $K_a(\delta=23^\circ) = 0.244$

Indicando con H l'altezza totale dello scatolare dall'intradosso fondazione, la pressione statica orizzontale del terreno varia linearmente sulle pareti tra i seguenti due valori:

- $p_1 = K_0 P_k$
- $p_2 = K_0 P_k + \gamma K_0 H$

Si riportano di seguito le pressioni statiche calcolate per la struttura in oggetto.

$$H = 10.25\text{m}$$

$$p_1 (\text{ripos}) = 0.426 \times 14.4 = 6.13 \text{ kN/m}^2$$

$$p_2 (\text{ripos}) = 6.13 + 20 \times 0.426 \times 10.25 = 93.46 \text{ kN/m}^2$$

Analogamente, in condizioni sismiche per effetto degli spostamenti dello scatolare, il terreno si porta in condizioni di spinta attiva, i cui valori estremi di pressione risultano:

- $p_1 (\text{attiva}) = 0.244 \times 14.4 = 3.51 \text{ kN/m}^2$
- $p_2 (\text{attiva}) = 0.244 \times 14.4 + 20 \times 0.244 \times 10.25 = 53.53 \text{ kN/m}^2$



Ferrovie Appulo Lucane

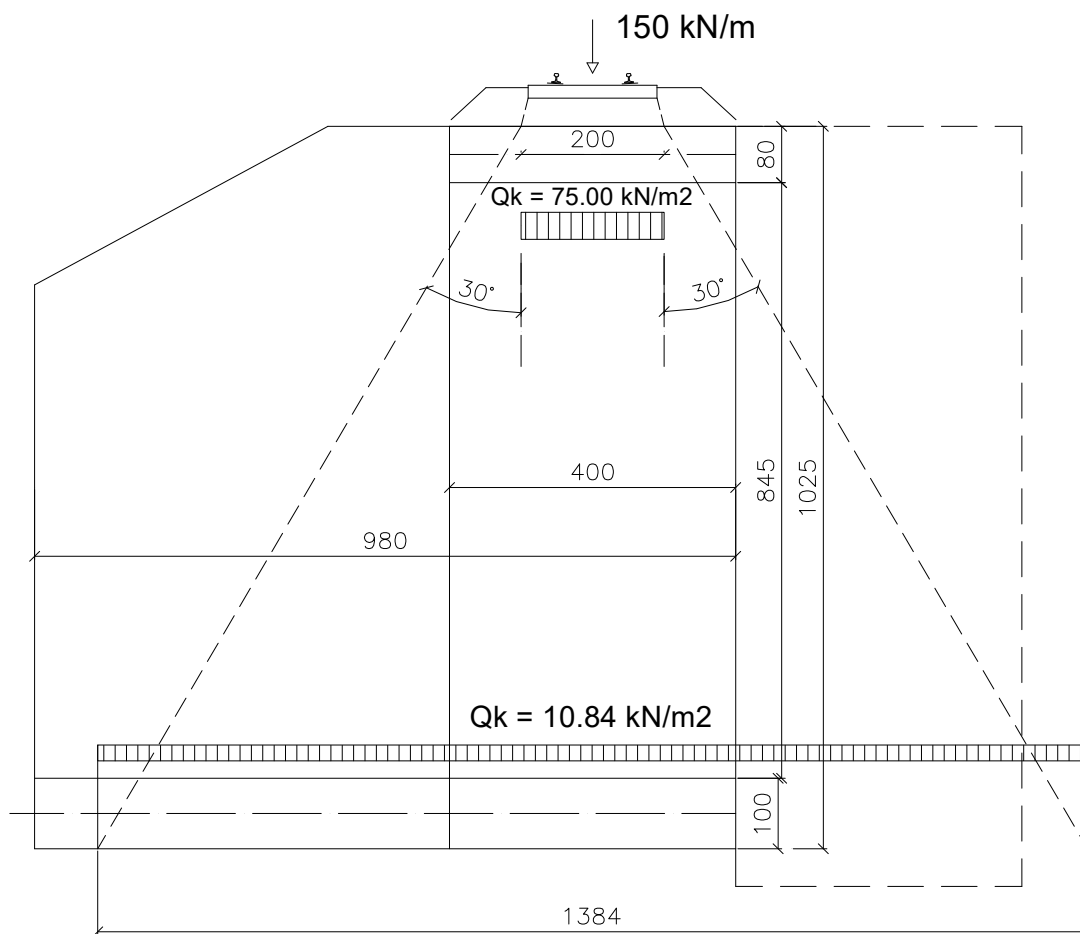
RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO
Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC
Data: Giugno 2020
Pag. 29 di 88

7.6 SPINTA STATICA DEL SOVRACCARICO FERROVIARIO A TERGO

Il sovraccarico ferroviario a tergo dello scatolare, viene trasmesso con inclinazione 1:4 attraverso la massicciata e con angolo di 30° nel terreno a partire dal piano del ballast, coincidente con l'estradosso della soletta. Pertanto all'estradosso della copertura dello scatolare il treno di carico SW/2 di 150 kN/m si ripartisce su una larghezza di 2.00m, mentre all'intradosso della fondazione si ripartisce su una larghezza di 5.23m.



Per effetto della variabilità delle pressioni verticali con l'altezza, pari a 75.00 kN/m2 in copertura e 28.68 kN/m2 in fondazione, anche la spinta orizzontale è variabile:

- $p1 \text{ (riposo)} = 0.426 \times 75.00 = 31.95 \text{ kN/m}^2$
- $p2 \text{ (riposo)} = 0.426 \times 10.84 = 4.62 \text{ kN/m}^2$
- $p1 \text{ (attiva)} = (0.244/0.426) \times 31.95 = 0.57 \times 31.95 = 18.30 \text{ kN/m}^2$
- $p2 \text{ (attiva)} = (0.244/0.426) \times 4.62 = 0.57 \times 4.62 = 2.63 \text{ kN/m}^2$

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 30 di 88
---	---	---

7.7 FORZE D'INERZIA SISMICHE

Gli effetti sismici sono valutati mediante un'azione statica equivalente applicata a tutte le masse sismiche della struttura, in base a quanto stabilito dal par. 5.2.2.8 NTC 2018.

In accordo alle indicazioni riportate al paragrafo 7.11.6.2.1, le azioni sismiche di inerzia agenti sulle masse in gioco (pesi propri, carichi permanenti e 20% del sovraccarico ferroviario) vengono applicate al modello di calcolo nel seguente modo:

- $k_h = 1.0 \times 0.130 = 0.130$ coefficiente sismico orizzontale
- $k_v = \pm 0.5 k_h = \pm 0.065$ coefficiente sismico verticale
- $f_{si} = k_h \times W_i (1 + k_v) = 0.139 \times W_i$ forza d'inerzia orizz. con sisma verticale in basso
- $f_{si} = k_h \times W_i (1 - k_v) = 0.122 \times W_i$ forza d'inerzia orizz. con sisma verticale in alto (*)

(*) La combinazione con sisma verso l'alto non viene considerata in quanto meno gravosa e poco significativa

Le forze d'inerzia si applicano alla massa delle pareti verticali, della soletta, dei carichi permanenti e accidentali (ridotti al 20%) e al cuneo di spinta, compreso tra la parete sotto sisma e il piano di scivolamento inclinato dallo spigolo della fondazione di un angolo pari a 27.5° (ossia $45^\circ - \Phi/2$). Le pressioni da applicare per effetto della forza d'inerzia sul cuneo di spinta assumono un diagramma triangolare, con valore massimo in corrispondenza della copertura.

Riassumendo le forze d'inerzia da applicare al modello, relative alla combinazione con sisma verticale rivolto verso il basso, risultano:

- Forze orizzontali

$$f_{1h} (g+p+0.2q)_{\text{soletta}} = 0.139 \times (25 \times 0.8 + 14.40 + 0.2 \times 75) = 6.87 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{2h} (g)_{\text{parete dx}} = 0.139 \times 25 \times 1.0 = 3.48 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{3h} (g+p+0.2q)_{\text{parete sx}} = 3.48 + (0.139 \times 0.5 \times 20 \times 10.25^2 \times \tan 27.5^\circ) / 10.25 +$$


$$+ 0.139 \times 10.25 \times \tan 27.5^\circ \times (14.4 + 0.2 \times 75.00) / 10.25 = 3.48 + 7.42 + 2.13 = 13.03 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{4h} (g+p)_{\text{fondazione}} = 0.139 \times (25 \times 1.0 + 4.40) = 4.09 \text{ kN/m}^2$$
- Forze verticali

$$f_{1v} \text{ soletta } (g+p+0.2q) = 0.065 \times (25 \times 0.8 + 14.4 + 0.2 \times 75.00) = 3.21 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{2v} \text{ pareti } (g) = 0.065 \times 25 \times 1.0 = 1.63 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{3v} \text{ (fondazione)} = 0.065 \times (25 \times 1.0 + 4.40) = 1.91 \text{ kN/m}^2$$

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 31 di 88
---	---	---

7.8 INCREMENTO DI SPINTA SISMICA DEL TERRENO

L'incremento di spinta sismica dovuta all'azione delle forze d'inerzia sul terreno ai lati dello scatolare, viene valutato considerando per il cuneo di terreno la seguente geometria:

- Altezza H pari alla profondità dell'intradosso fondazione
- Larghezza ottenuta considerando un piano di spinta di inclinazione rispetto alla verticale pari a 27.5° (ossia $45^\circ - \Phi/2$) dal prodotto dell'altezza H per la tangente di tale angolo

L'incremento di spinta così determinato risulta:

$$\Delta F_s = K_s \times P_c = (0.322 - 0.244) \times 0.5 \times 20 \times H \times H \times \tan 27.5 = 0.40 \times H^2$$

Tale forza verrà ripartita in maniera uniforme su una delle due pareti dello scatolare:

$$\Delta p_s = \Delta F_s / H$$

Si riportano di seguito le forze applicate alla parete sinistra del sottovia:

$$H = 10.25 \text{ m}$$

$$\Delta F_s = 0.40 \times 10.25^2 = 42.02 \text{ KN/m}$$

$$\Delta p_s = 42.02 / 10.25 = 4.10 \text{ KN/m}^2$$



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

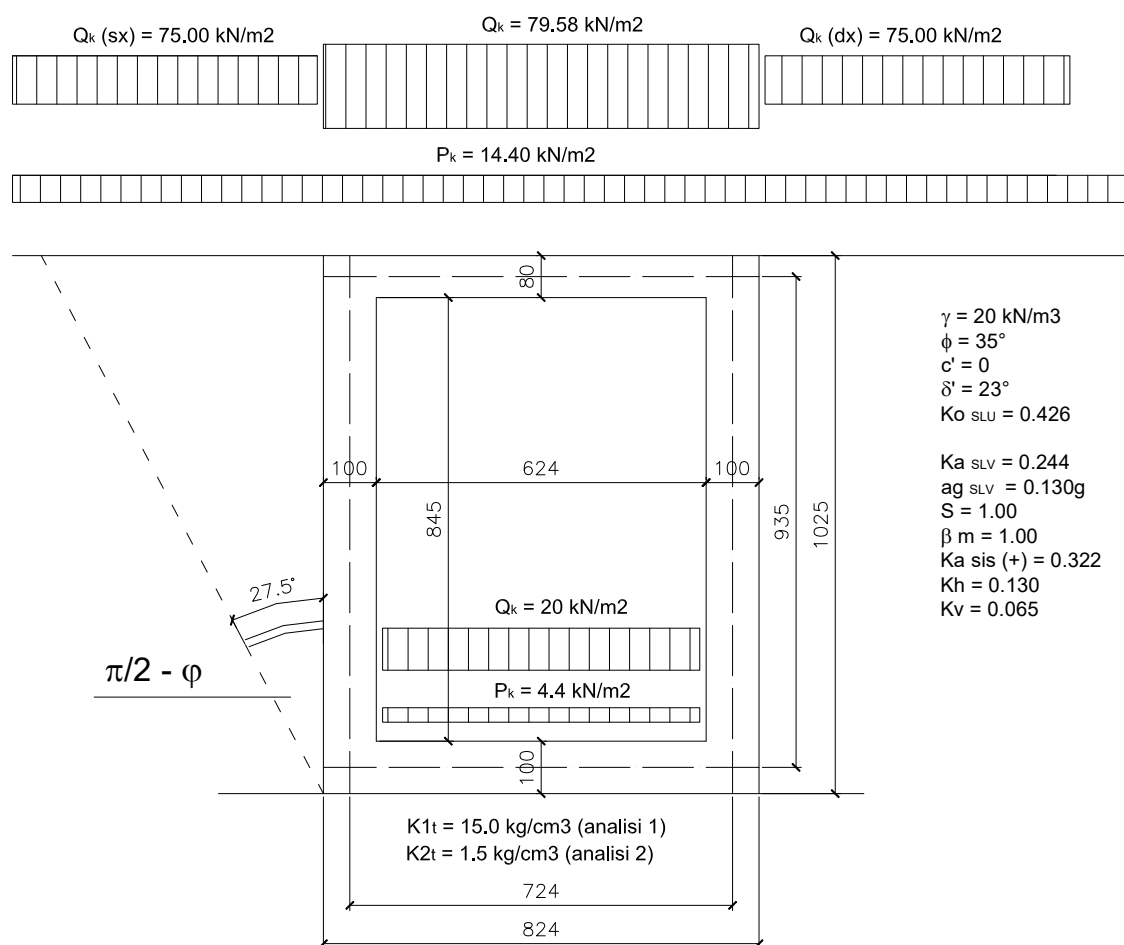
DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 32 di 88

7.9 SCHEMI DI CALCOLO

Con riferimento all'analisi dei carichi svolta, si riporta di seguito lo schema di calcolo utilizzato per la verifica del ponte scatolare da realizzare alla progr.18+810.43:



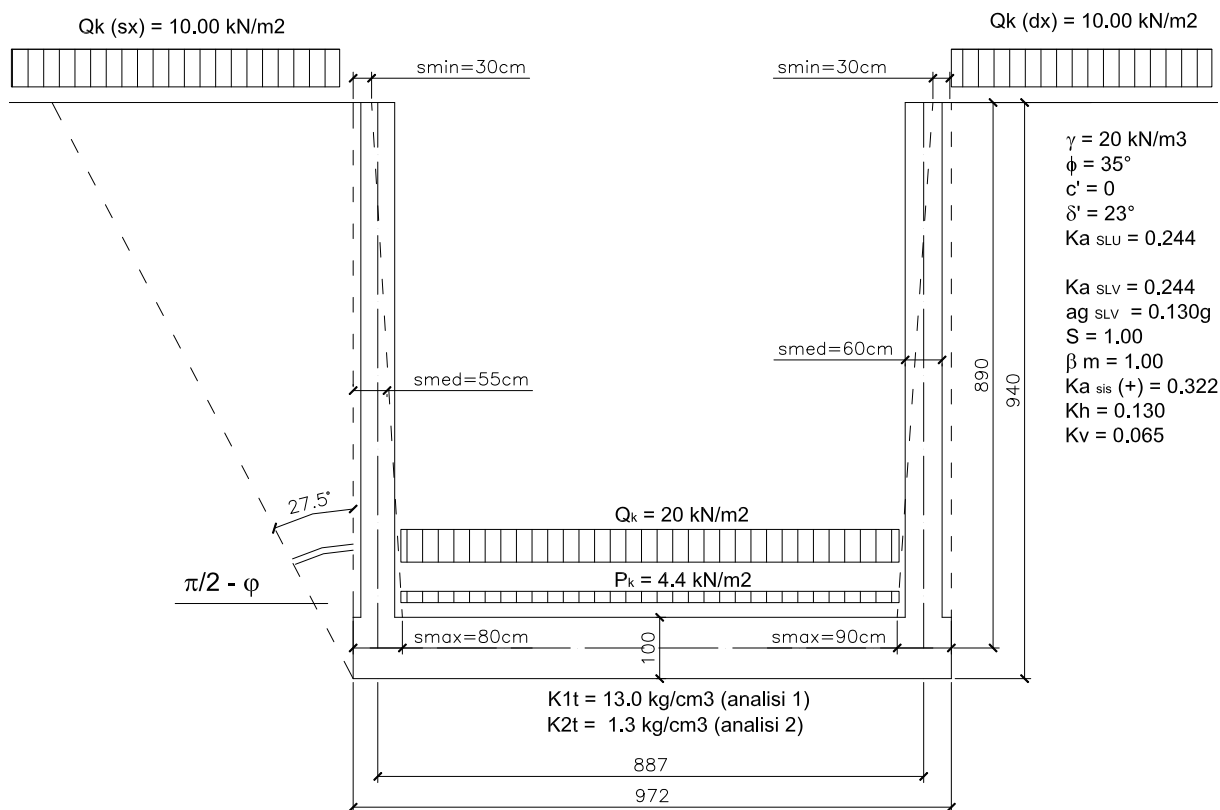


PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

Pag. 33 di 88

Si riporta di seguito lo schema di calcolo utilizzato per la verifica del muro ad U:



 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 34 di 88</p>
---	--	--

8 CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO

8.1 CONDIZIONI DI CARICO

Si riportano di seguito le condizioni di carico considerate nell'analisi del ponte scatolare:

- Cond. 1: Pesi propri
- Cond. 2: Carichi permanenti sulla soletta e fondazione
- Cond. 3: Treno di carico SW/2
- Cond. 4: Sovraccarico accidentale su fondazione
- Cond. 5: Spinta del terreno sulle pareti (condizioni a riposo K_0)
- Cond. 6: Spinta del treno sulla parete sinistra (a riposo K_0)
- Cond. 7: Spinta del treno sulla parete destra (a riposo K_0)
- Cond. 8: Forza d'inerzia orizzontale
- Cond. 9: Forza d'inerzia verticale in basso
- Cond.10 Incremento sismico (+) calcolato per sisma in basso

Si riportano di seguito le condizioni di carico considerate nell'analisi dei muro ad U:

- Cond. 1: Pesi propri
- Cond. 2: Carichi permanenti sulla fondazione
- Cond. 3: Sovraccarico accidentale su fondazione
- Cond. 4: Spinta del terreno sulle pareti (condizione attiva K_a)
- Cond. 5: Spinta del sovraccarico a tergo sulla parete sinistra (attiva K_a)
- Cond. 6: Spinta del sovraccarico a tergo sulla parete destra (attiva K_a)
- Cond. 7: Forza d'inerzia orizzontale
- Cond. 8: Forza d'inerzia verticale in basso
- Cond. 9 Incremento sismico (+) calcolato per sisma in basso

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 35 di 88
---	---	---

8.2 COMBINAZIONI DI CARICO (PONTE SCATOLARE)

Si riportano di seguito le combinazioni di carico allo stato limite ultimo considerate per l'analisi del modello di calcolo del ponte scatolare:

Stato limite ultimo statico SLU

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.35	1.5		1.5	1.35	1.45				
2	1.35	1.5	1.45	1.5	1.35	1.45				
3	1.35	1.5	1.45	1.5	1.35	1.45	1.45			
4	1.35	1.5	1.45	1.5	1.35					
5	1.35	1.5		1.5	0.77	0.83				
6	1.35	1.5	1.45	1.5	0.77	0.83				
7	1.35	1.5	1.45	1.5	0.77	0.83	0.83			
8	1.35	1.5	1.45	1.5	0.77					

Stato limite ultimo SLV

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	1	1	0.2		0.57	0.12		1	1	1

Si riporta di seguito le combinazioni di carico allo stato limite di esercizio considerate per l'analisi della struttura in oggetto:

Stato limite di esercizio SLE (comb. rara)

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6	7
10	1	1		1	1	1	
11	1	1	1	1	1	1	
12	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1		
14	1	1		1	0.57	0.57	
15	1	1	1	1	0.57	0.57	
16	1	1	1	1	0.57	0.57	0.57
17	1	1	1	1	0.57		

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 36 di 88
---	---	---

8.3 COMBINAZIONI DI CARICO (MURO AD U)

Si riportano di seguito le combinazioni di carico allo stato limite ultimo considerate per l'analisi del modello di calcolo dei muro ad U:

Stato limite ultimo statico SLU

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.35	1.5	1.5	1.35	1.45				
2	1.35	1.5	1.5	1.35	1.45	1.45			
3	1.35	1.5	1.5	1.35					
4	1.35	1.5	1.5	1	1				
5	1.35	1.5	1.5	1	1	1			
6	1.35	1.5	1.5	1					

Stato limite ultimo SLV

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	1	1		1	0.2		1	1	1

Si riporta di seguito le combinazioni di carico allo stato limite di esercizio considerate per l'analisi della struttura in oggetto:

Stato limite di esercizio SLE (comb. rara)

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6
8	1	1	1	1	1	
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1		



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

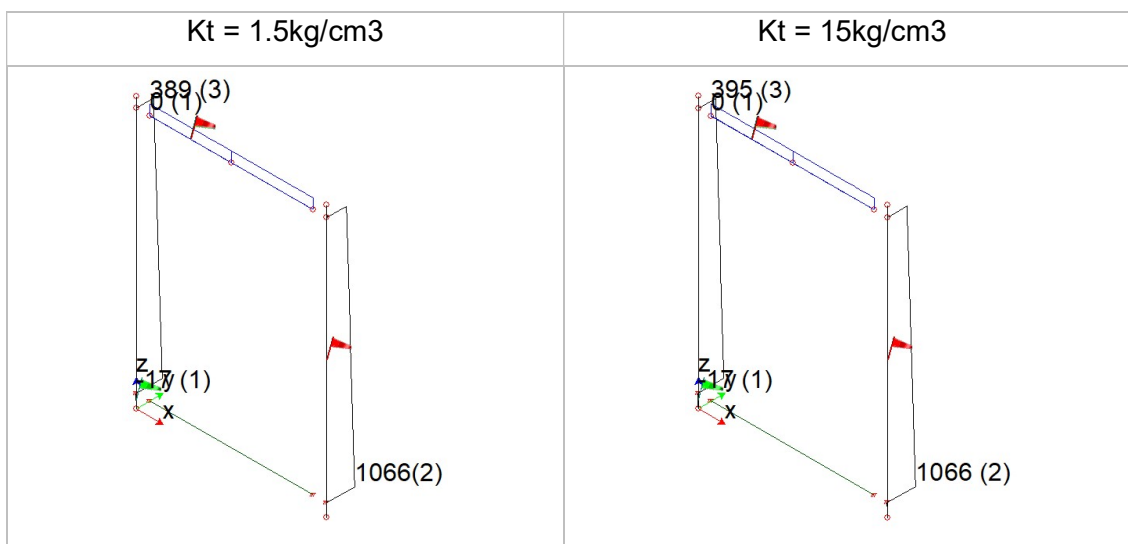
Pag. 37 di 88

9 VERIFICA DEL PONTE SCATOLARE

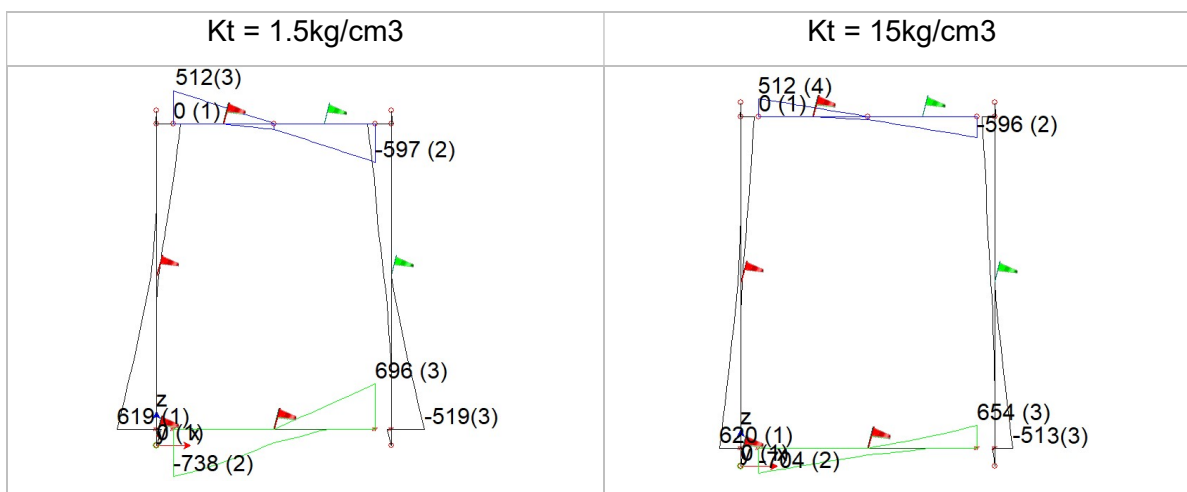
9.1 CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE

Si riportano di seguito i diagrammi di involucro delle caratteristiche di sollecitazione ottenute allo stato limite ultimo.

Nd (KN/m)



Vd (KN/m)





Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

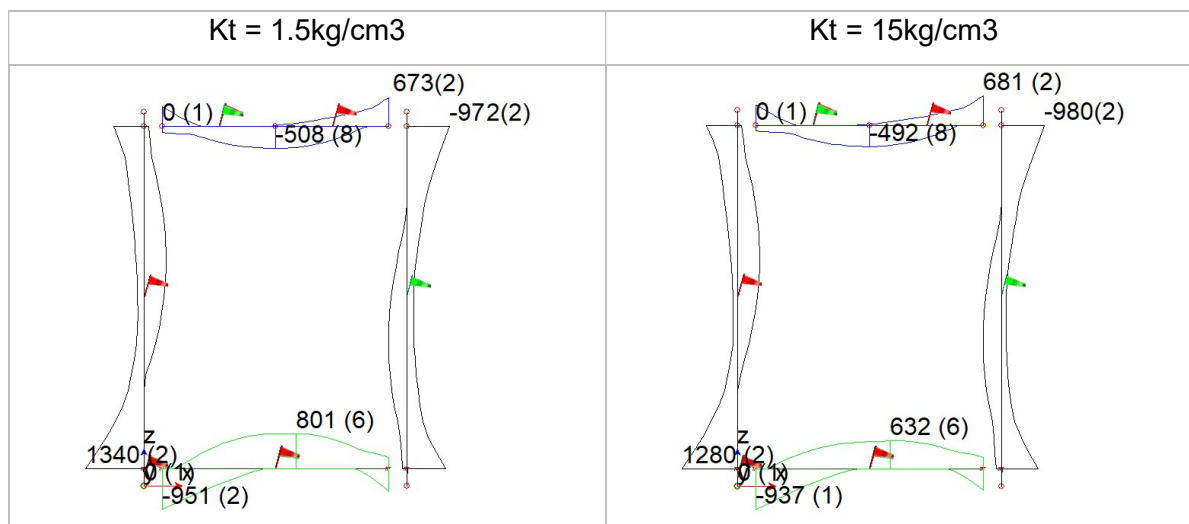
Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 38 di 88

Md (KNxm/m)



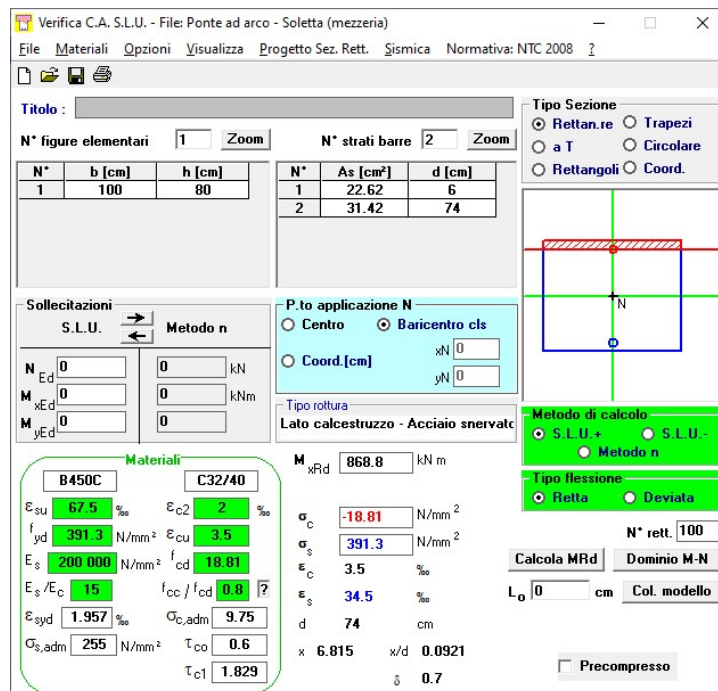
9.2 VERIFICA DELLA SOLETTA

9.2.1 Verifica in mezzeria

Si riporta di seguito la verifica a flessione della soletta fatta in mezzeria allo stato limite SLU/SLV:

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| - Sezione di calcolo | rettangolare 100x80 |
| - Armatura inferiore tesa | 10Φ20 |
| - Armatura superiore compressa | 5Φ24 |
| - Copriferro | 6cm |
| - Momento di calcolo | Md = 508 KNxm/m |
| - Momento resistente | Mr = 868 KNxm/m |
| - Coefficiente di sicurezza | $\gamma_s = 868/508 = 1.71 > 1$ |

Si riporta di seguito il calcolo del momento ultimo a rottura della soletta in mezzeria usato per la verifica allo SLU/SLV:



Verifica C.A. S.L.U. - File: Ponte ad arco - Soletta (mezzeria)

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: _____

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	80

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	6
2	31.42	74

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} 0 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
Coord. [cm]: xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 868.8 kNm

Materiali: B450C C32/40

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 18.81 N/mm²
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75 N/mm²
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
τ_{c1} 1.829

σ_c -18.81 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 34.5 ‰
d 74 cm
x 6.815 x/d 0.0921
δ 0.7

Tipo Sezione: Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo: S.L.U. + S.L.U. - Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L_o 0 cm Col. modello

Precompresso

9.2.2 Verifica agli appoggi

Si riporta di seguito la verifica a flessione della soletta fatta allo stato limite SLU/SLV agli appoggi. Il momento di calcolo viene determinato come media tra il valore in asse parete e quello a filo:

- | | |
|--------------------------------|--|
| - Sezione di calcolo | rettangolare 100x80 |
| - Armatura superiore tesa | 10Φ24 |
| - Armatura inferiore compressa | 5Φ20 |
| - Copriferro | 6cm |
| - Momento di calcolo | Md= (708+996)/2= 852 KNxm/m |
| - Momento resistente | Mr = 1234 KNxm/m |
| - Coefficiente di sicurezza | γ _s = 1234/852 = 1.45 > 1 |



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 40 di 88

Si riporta di seguito il calcolo del momento ultimo a rottura della soletta agli appoggi usato per la verifica allo SLU/SLV:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Ponte ad arco - Soletta (appoggi)

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo:

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	80

N°	As [cm²]	d [cm]
1	45.24	6
2	15.71	74

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} 0 kNm
M_{Ed} 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
Coord. [cm]: xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo: S.L.U. + Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L_o 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali:

Proprietà	B450C	C32/40
E _{su} [GPa]	67.5	2
f _{yd} [N/mm²]	391.3	3.5
E _s [N/mm²]	200 000	18.81
E _s /E _c	15	0.8
E _{syd} [N/mm²]	1.957	9.75
σ _{s,adm} [N/mm²]	255	0.6
τ _{c1}		1.829

M_{xRd} -1.234 kNm


σ_c -18.81 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 24.85 ‰
d 74 cm
x 9.135 x/d 0.1234
δ 0.7

Dalla verifica a taglio della sezione di solo calcestruzzo risulta:

- $V_d = 597 \text{ kN/m}$
- $V_r = [0.18 k (100 \rho l f_{ck})^{1/3} / 1.5] \times 1000 \times 740 / 1000 = 368 \text{ kN/m}$
- $\gamma_s = 368 / 597 = 0.61 < 1$ **è necessario armare a taglio**

essendo

- $V_{rmin} = (0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}) \times 1000 \times 740 / 1000 = 279 \text{ kN/m}$
- $k = 1 + (200 / 740)^{0.5} = 1.52$
- $\rho l = 10 \times 452 / (1000 \times 740) = 0.0061$
- $f_{ck} = 33.2 \text{ Mpa}$

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 41 di 88</p>
---	--	--

Armando la soletta a taglio con spille $\Phi 14$ disposte a interasse 30x40cm, dalla verifica della sezione più sollecitata risulta:

- $V_d = 597 \text{ KN/m}$
- $V_{rd} = \min (V_{rds}; V_{rzd}) = 835 \text{ KN}$
- $\gamma_s = 835/597 = \mathbf{1.40 > 1}$

essendo

- $V_{rds} = 0.9 d (A_{sw}/s) f_{yd} (\cot \alpha + \cot \theta) \sin \alpha = 835 \text{ KN}$
- $V_{rzd} = 0.9 d b_w \alpha_c f'_{cd} (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta) = 2158 \text{ KN}$

avendo posto:

- $d = 740 \text{ mm}; \quad b_w = 1000 \text{ mm}$
- $A_{sw}/s = 154/0.3/400 = 1.283$
- $f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2; \quad \alpha = 90 \quad (\cot \alpha = 0; \sin \alpha = 1)$
- $\cot \theta = 2.5; \quad \alpha_c = 1$
- $f'_{cd} = 0.5 \times 18.81 = 9.40 \text{ N/mm}^2$

9.3 VERIFICA DELLE PARETI

9.3.1 Verifica delle sezioni d'estremità

Si riporta di seguito la verifica a pressoflessione delle sezioni d'estremità delle pareti verticali, fatta allo stato limite SLU/SLV. L'armatura si ipotizza costante sull'altezza e pari a $1\Phi 24/10$ esterno e $1\Phi 24/20$ interno.

La verifica viene svolta in corrispondenza della sezione al piede della parete sinistra, dove sono massime le sollecitazioni flessionali.

Il momento di calcolo della sezione di base viene determinato come media tra il valore in asse fondazione e quello a filo estradosso:

- | | |
|---------------------------------|--|
| - Sezione di calcolo | rettangolare 100x100 |
| - Armatura | $10\Phi 24$ (esterna tesa) + $5\Phi 24$ (interna compr.) |
| - Copriferro | 6cm |
| - Momento di calcolo | $M_d = (1060+1340)/2 = 1200 \text{ KNxm/m}$ |
| - Sforzo assiale corrispondente | $N_d = 851 \text{ KN/m}$ |
| - Momento resistente | $M_r = 1950 \text{ KNxm/m}$ |
| - Coefficiente di sicurezza | $\gamma_s = 1950/1200 = \mathbf{1.62 > 1}$ |



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 42 di 88

Si riporta di seguito il calcolo del momento ultimo a rottura della sezione di testa delle pareti usato per la verifica allo SLU/SLV:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Ponte ad arco - Parete (estremità)

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo:

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	100

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	6
2	45.24	94

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 851 0 kN
M_{Ed} 0 0 kNm
M_{Ed} 0 0 kNm

P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
B450C C32/40
E_{su} 67.5 % E_{c2} 2 %
f_{yd} 391.3 N/mm² E_{cu} 3.5 %
E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 18.81 %
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
E_{syd} 1.957 % σ_{c,adm} 9.75
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
τ_{c1} 1.829

M_{Rd} 1 950 kN m
σ_c -18.81 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 %
ε_s 23.92 %
d 94 cm
x 12 x/d 0.1277
δ 0.7


Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L_o 0 cm Col. modello
Precompresso

Dalla verifica a taglio della parete considerando il contributo del solo calcestruzzo risulta:

- V_d = 620 kN/m (valore a filo intradosso soletta)
- N_d = 414 kN/m (sforzo assiale corrispondente)
- V_r = [0.18 k (100 ρ_l f_{ck})^{1/3} / 1.5 + 0.15 σ_{cp}] x 1000 x 940 / 1000 = 414 kN/m
- γ_s = 414 / 620 = **0.66 < 1** **è necessario armare a taglio**

essendo

- V_{rmin} = (0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}) x 1000 x 940 / 1000 = 334 kN/m
- k = 1 + (200 / 940)^{0.5} = 1.46
- ρ_l = (10 x 452) / (1000 x 940) = 0.0048
- f_{ck} = 33.2 Mpa
- σ_{cp} = N_d / A_c = 414000 / (1000 x 1000) = 0.414 Mpa

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 43 di 88</p>
---	--	--

Armando la parete a taglio con spille $\Phi 14$ disposte a interasse 40x40cm, dalla verifica della sezione più sollecitata risulta:

- $V_d = 620 \text{ KN/m}$
- $V_{rd} = \min (V_{rds}; V_{rzd}) = 795 \text{ KN}$
- $\gamma_s = 795/620 = \mathbf{1.28 > 1}$

essendo

- $V_{rds} = 0.9 d (A_{sw}/s) f_{yd} (\cot \alpha + \cot \theta) \sin \alpha = 795 \text{ KN}$
- $V_{rzd} = 0.9 d b_w \alpha_c f'_{cd} (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta) = 2742 \text{ KN}$

avendo posto:

- $d = 940 \text{ mm}; \quad b_w = 1000 \text{ mm}$
- $A_{sw}/s = 154/0.4/400 = 0.962$
- $f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2; \quad \alpha = 90 \quad (\cot \alpha = 0; \sin \alpha = 1)$
- $\cot \theta = 2.5; \quad \alpha_c = 1$
- $f'_{cd} = 0.5 \times 18.81 = 9.40 \text{ N/mm}^2$

9.3.2 Verifica delle sezioni a metà altezza

Si riporta di seguito la verifica a pressoflessione delle sezioni a metà altezza delle pareti verticali, fatta allo stato limite SLU/SLV. L'armatura si ipotizza costante sull'altezza e pari a 1 $\Phi 24/10$ esterno e 1 $\Phi 24/20$ interno:

- | | |
|---------------------------------|--|
| - Sezione di calcolo | rettangolare 100x100 |
| - Armatura | 10 $\Phi 24$ (esterna compr.) + 5 $\Phi 24$ (interna tesa) |
| - Copriferro | 6cm |
| - Momento di calcolo | $M_d = 504 \text{ KNxm/m}$ |
| - Sforzo assiale corrispondente | $N_d = 254 \text{ KN/m}$ |
| - Momento resistente | $M_r = 923 \text{ KNxm/m}$ |
| - Coefficiente di sicurezza | $\gamma_s = 923/504 = \mathbf{1.83 > 1}$ |



PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

Si riporta di seguito il calcolo del momento ultimo a rottura della sezione di testa delle pareti usato per la verifica allo SLU/SLV:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Ponte ad arco - Parete (metà altezza)

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO : _____

N° figure elementari Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	100

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	6
2	45.24	94

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

M _{Ed}	<input type="text" value="254"/>	0	kN
M _{xEd}	<input type="text" value="0"/>	0	kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="0"/>	0	

P.to applicazione N

☐ Centro ☒ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervate

M_{xRd} kN m

Materiali

B450C	C32/40
E _{su} <input type="text" value="67.5"/> ‰	E _{c2} <input type="text" value="2"/> ‰
f _{yd} <input type="text" value="391.3"/> N/mm²	E _{cu} <input type="text" value="3.5"/> ‰
E _s <input type="text" value="200 000"/> N/mm²	f _{cd} <input type="text" value="18.81"/> ‰
E _s /E _c <input type="text" value="15"/>	i _{cc} /i _{cd} <input type="text" value="0.8"/> ?
E _{syd} <input type="text" value="1.957"/> ‰	σ _{c,adm} <input type="text" value="9.75"/> ‰
σ _{s,adm} <input type="text" value="255"/> N/mm²	τ _{co} <input type="text" value="0.6"/> ‰
	τ _{c1} <input type="text" value="1.829"/> ‰

Tipo Sezione

☒ Rettang.re ☐ Trapezi

☐ a T ☐ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

Metodo di calcolo

☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☒ Metodo n

Tipo flessione

☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.


Calcola MRD Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

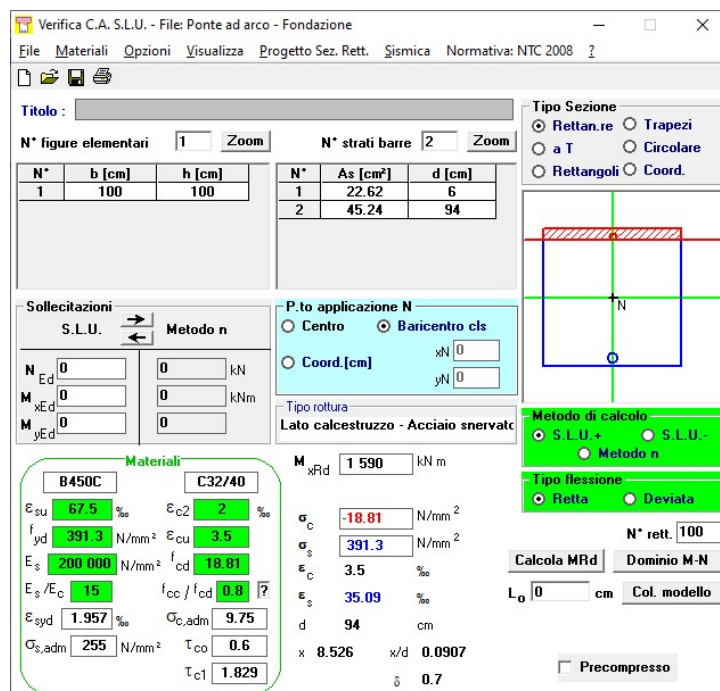
☐ Precompresso

Si riporta di seguito la verifica a flessione delle fondazioni fatta allo stato limite SLU/SLV per le massime sollecitazioni che si verificano in campata per l'armatura superiore e agli appoggi per quella inferiore (il momento di calcolo agli appoggi viene determinato come media tra il valore in asse parete e quello a filo). Entrambe le sezioni saranno armate allo stesso modo con 1Φ24/10 in zona tesa e 1Φ24/20 in zona compressa:

- | | |
|-----------------------------------|--|
| - Sezione di calcolo | rettangolare 100x80 |
| - Armatura tesa | 10Φ24 |
| - Armatura compressa | 5Φ24 |
| - Copriferro | 6cm |
| - Momento di calcolo agli appoggi | $M_d = (951+1344)/2 = 1148 \text{ kNm/m}$ |
| - Momento di calcolo in campata | $M_d = 801 \text{ kNm/m}$ |
| - Momento resistente | $M_r = 1590 \text{ kNm/m}$ |
| - Coefficiente di sicurezza | $\gamma_s = 1590/1148 = \mathbf{1.38 > 1}$ |

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 45 di 88</p>
---	--	--

Si riporta di seguito il calcolo del momento ultimo a rottura delle fondazioni usato per la verifica allo SLU/SLV:



Verifica C.A. S.L.U. - File: Ponte ad arco - Fondazione

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	100	1	22.62	6
			2	45.24	94

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{Ed} 0 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo S.L.U. + S.L.V. Metodo n

Tipo flessione Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
ε _{su}	67.5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391.3 N/mm²	ε _{cu}	3.5 ‰
E _s	200 000 N/mm²	f _{cd}	18.81 N/mm²
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0.8
ε _{syd}	1.957 ‰	σ _{c,adm}	9.75 N/mm²
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0.6
		τ _{c1}	1.829

M_{Rd} 1 590 kN m

σ_c -18.81 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 35.09 ‰


d 94 cm
x 8.526 x/d 0.0907
δ 0.7

Dalla verifica a taglio della sezione di solo calcestruzzo risulta:

- $V_d = 738 \text{ kN/m}$
- $V_r = [0.18 k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} / 1.5] \times 1000 \times 940 / 1000 = 414 \text{ kN/m}$
- $\gamma_s = 414 / 738 = 0.56 < 1$ **è necessario armare a taglio**

essendo

- $V_{rmin} = (0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}) \times 1000 \times 940 / 1000 = 334 \text{ kN/m}$
- $k = 1 + (200 / 940)^{0.5} = 1.46$
- $\rho_l = 10 \times 452 / (1000 \times 940) = 0.0048$
- $f_{ck} = 33.2 \text{ Mpa}$

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 46 di 88</p>
---	--	--

Armando la soletta a taglio con spille $\Phi 14$ disposte a interasse 40x30cm, dalla verifica della sezione più sollecitata risulta:

- $V_d = 738 \text{ KN/m}$
- $V_{rd} = \min (V_{rds}; V_{rzd}) = 1061 \text{ KN}$
- $\gamma_s = 1061/738 = \mathbf{1.43 > 1}$

essendo

- $V_{rds} = 0.9 d (A_{sw}/s) f_{yd} (\cot \alpha + \cot \theta) \sin \alpha = 1061 \text{ KN}$
- $V_{rzd} = 0.9 d b_w \alpha_c f'_{cd} (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta) = 2742 \text{ KN}$

avendo posto:

- $d = 940 \text{ mm}$
- $b_w = 1000 \text{ mm}$
- $A_{sw}/s = 154/0.4/300 = 1.283$
- $f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$
- $\alpha = 90 (\cot \alpha = 0; \sin \alpha = 1)$
- $\cot \theta = 2.5$
- $\alpha_c = 1$
- $f'_{cd} = 0.5 \times 18.81 = 9.40 \text{ N/mm}^2$



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

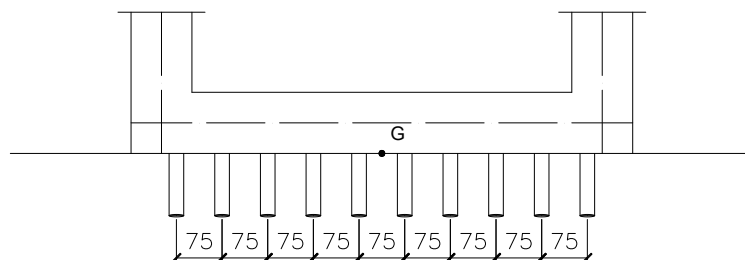
DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 47 di 88

9.5 VERIFICA DEI MICROPALI

Si riporta di seguito lo schema dei micropali considerati sotto la fondazione dello scatolare:



I micropali saranno di diametro $\Phi 240$ mm, avranno lunghezza 8m tale da intestarsi per 4m nello strato portante di calcare fratturato stratificato Ca2, e saranno realizzati ad interasse longitudinale e trasversale di 75cm.

Si riportano di seguito le caratteristiche della palificata:

Numero pali	10
W pali	13.75 m
Interasse trasversale	0.75 m


Dalle azioni globali in fondazione, espresse sotto forma di carico verticale R_z e di momento flettente M_y , è possibile calcolare i valori massimi e minimi del carico assiale sui micropali:

CALCOLO DEI CARICHI MASSIMI E MINIMI SUI MICROPALI						
Combinazione	R_z	x_{Rz}	ecc.	M_y	N_{max}	N_{min}
	[kN/m]	[m]	[m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	-1484	5.22	1.1	1632.40	200.34	22.26
2	-2435	4.79	0.67	1631.45	271.61	93.64
3	-2435	4.12	0	0.00	182.63	182.63
4	-2435	4.12	0	0.00	182.63	182.63
5	-1484	4.749	0.629	933.44	162.21	60.39
6	-2436	4.504	0.384	935.42	233.72	131.68
7	-2436	4.12	0	0.00	182.70	182.70
8	-2436	4.12	0	0.00	182.70	182.70
9	-1152	5.569	1.449	1669.25	177.45	-4.65

Dalla verifica a compressione del palo più sollecitato risulta:

- $N_{rd} = 319.19$ kN
- $N_{d_{max}} = 271.61$ kN < N_{rd}
- $\gamma_s = 319.19/271.61 = 1.17 > 1$

La verifica a trazione non è necessaria considerando che lo sforzo minimo sul micropalo è pressoché nullo.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 48 di 88
---	---	---

Per quanto riguarda la verifica dei micropali alle azioni orizzontali, la forza orizzontale complessiva risulta:

- $H_{max} (SLU) = 273 \text{ kN/m}$
- $H_{max} (SLV) = 292 \text{ kN/m}$

Considerando il numero e l'interasse trasversale dei pali risulta:

- $H_{rd} = 65.88 \text{ kN}$
- $H_d = (292/10) \times 0.75 = 21.90 \text{ kN} < H_{rd}$
- $\gamma_s = 65.88/21.90 = \mathbf{3.00 > 1}$



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

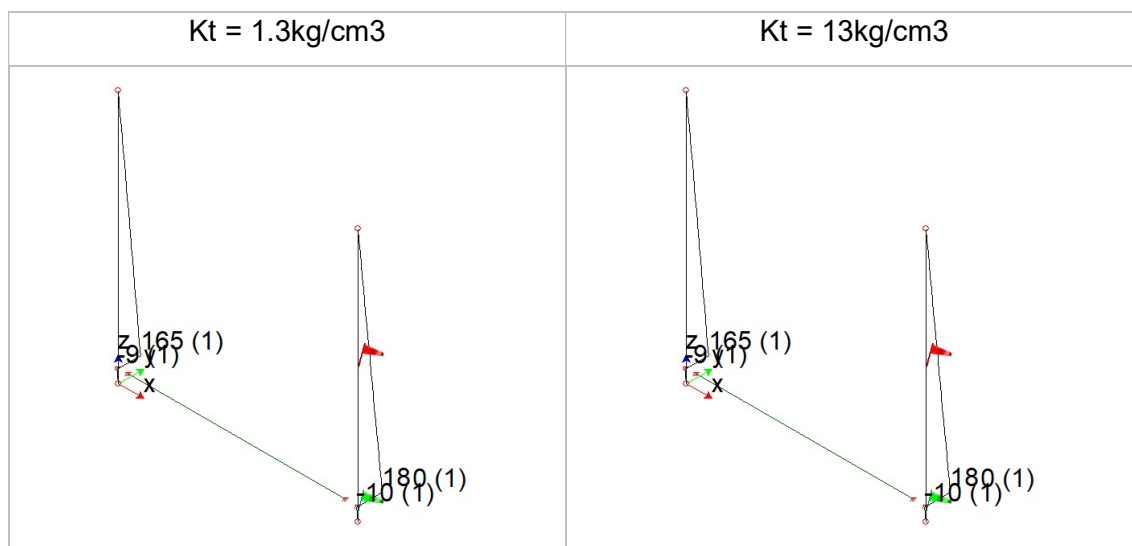
Pag. 49 di 88

10 VERIFICA DEL MURO AD U

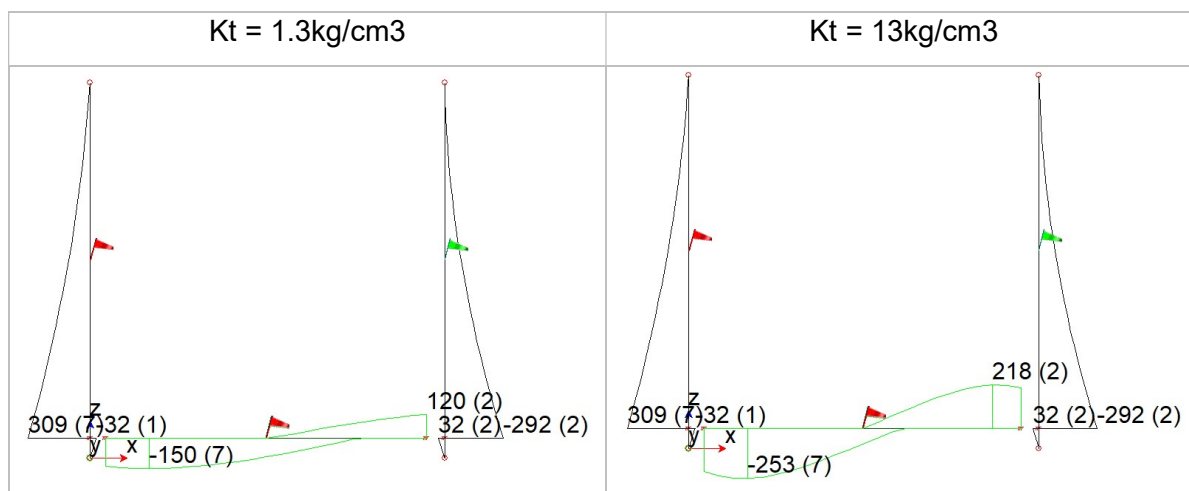
10.1 CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE


Si riportano di seguito i diagrammi di involucro delle caratteristiche di sollecitazione ottenute allo stato limite ultimo.

Nd (KN/m)

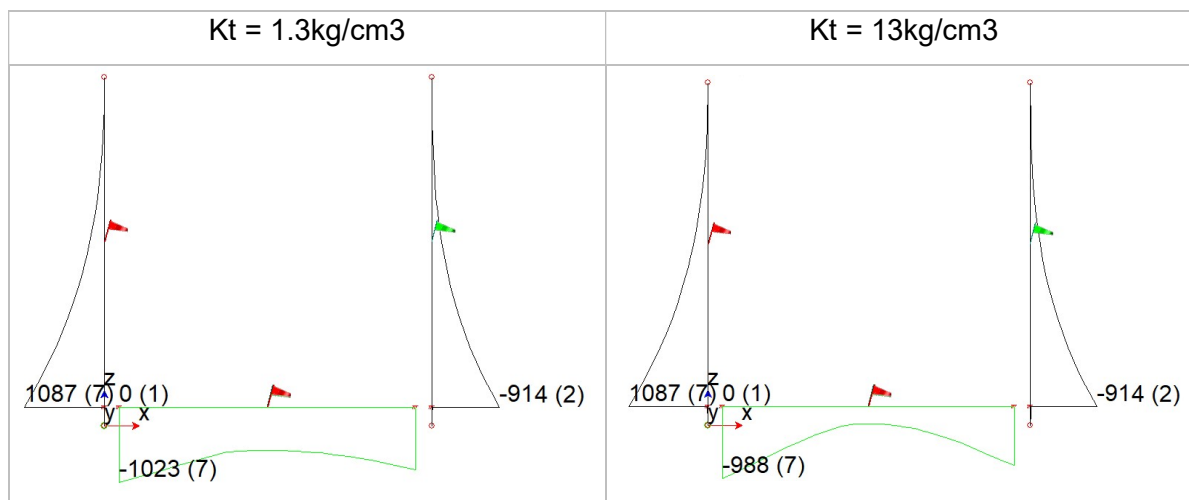


Vd (KN/m)



 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 50 di 88</p>
---	--	--

Md (KNxm/m)



10.2 VERIFICA DELLE PARETI

Si riporta di seguito la verifica a pressoflessione delle sezioni di spiccatto delle pareti verticali, fatta allo stato limite SLU/SLV. Si ipotizza di armare la sezione con 1 Φ 24/10 interno e con 1 Φ 24/20 esterno. Il momento di calcolo della sezione di base viene determinato come media tra il valore in asse fondazione e quello a filo estradosso:

- | | |
|---------------------------------|--|
| - Sezione di calcolo | rettangolare 100x80 |
| - Armatura | 10 Φ 24 (esterna tesa) + 5 Φ 24 (interna compr.) |
| - Copriferro | 6cm |
| - Momento di calcolo | $M_d = (948+1087)/2 = 1018 \text{ KNxm/m}$ |
| - Sforzo assiale corrispondente | $N_d = 130 \text{ KN/m}$ |
| - Momento resistente | $M_r = 1279 \text{ KNxm/m}$ |
| - Coefficiente di sicurezza | $\gamma_s = 1279/1018 = 1.25 > 1$ |



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 51 di 88

Si riporta di seguito il calcolo del momento ultimo a rottura della sezione delle pareti usato per la verifica allo SLU/SLV:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro ad U - Parete (spiccato)

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	80	1	22.62	6
			2	45.24	74

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 130 kN
M_{xEd} 0 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo S.L.U. + S.L.U. - Metodo n

Tipo flessione Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C32/40

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 18.81
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 1 279 kN m
σ_c -18.81 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 25.28 ‰
d 74 cm
x 9.001 x/d 0.1216
δ 0.7

Dalla verifica a taglio della parete considerando il contributo del solo calcestruzzo risulta:

- V_d = 309 kN/m (valore a filo intradosso soletta)
- N_d = 130 kN/m (sforzo assiale corrispondente)
- V_r = $[0.18 k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} / 1.5 + 0.15 \sigma_{cp}] \times 1000 \times 740 / 1000 = 385 \text{ kN/m}$
- $\gamma_s = 385 / 309 = 1.24 > 1$

essendo

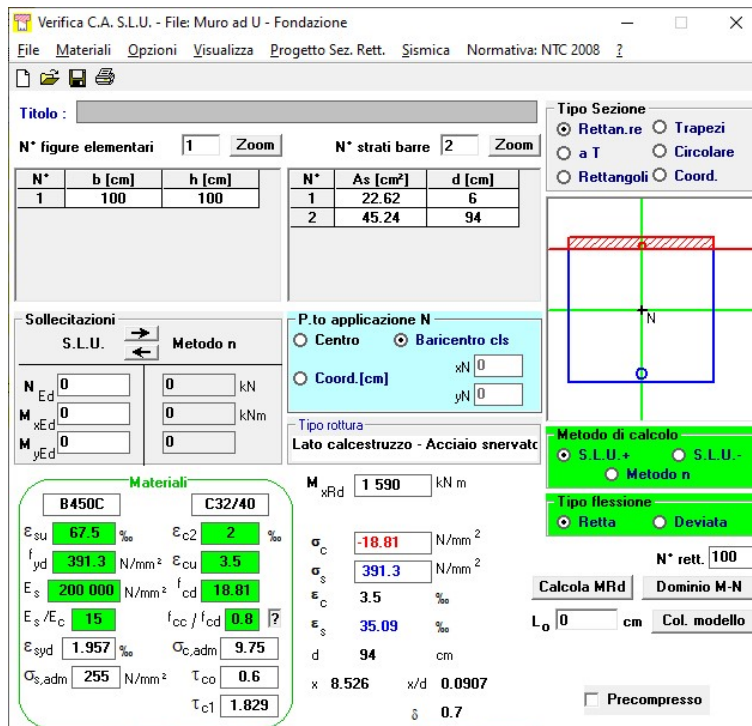
- V_{rmin} = $(0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}) \times 1000 \times 740 / 1000 = 280 \text{ kN/m}$
- $k = 1 + (200 / 740)^{0.5} = 1.52$
- $\rho_l = (10 \times 452) / (1000 \times 740) = 0.0061$
- f_{ck} = 33.2 Mpa
- $\sigma_{cp} = N_d / A_c = 130000 / (1000 \times 800) = 0.162 \text{ Mpa}$

10.3 VERIFICA DELLE FONDAZIONI

Si riporta di seguito la verifica a flessione delle fondazioni fatta allo stato limite SLU/SLV per le massime sollecitazioni che si verificano agli appoggi per quella inferiore (il momento di calcolo agli appoggi viene determinato come media tra il valore in asse parete e quello a filo). L'armatura superiore risulta sempre compressa. Si ipotizza di armare la fondazione con 1Φ24/10 inferiore e 1Φ24/20 superiore:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| - Sezione di calcolo | rettangolare 100x80 |
| - Armatura tesa | 10Φ24 |
| - Armatura compressa | 5Φ24 |
| - Copriferro | 6cm |
| - Momento di calcolo agli appoggi | $M_d = (1023+1079)/2 = 1051 \text{ kNxm/m}$ |
| - Momento resistente | $M_r = 1590 \text{ kNxm/m}$ |
| - Coefficiente di sicurezza | $\gamma_s = 1590/1051 = 1.51 > 1$ |

Si riporta di seguito il calcolo del momento ultimo a rottura delle fondazioni usato per la verifica allo SLU/SLV:



Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro ad U - Fondazione

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: _____

N° figure elementari: 1 **Zoom** **N° strati barre:** 2 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	100	1	22.62	6
			2	45.24	94

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} 0 kNm
M_{yEd} 0

P.to applicazione N: Centro ☒ Baricentro cls
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C C32/40

E_{su} 67.5 %
f_{yd} 391.3 N/mm²
E_s 200 000 N/mm²
E_s/E_c 15
E_{syd} 1.957 %
σ_{s,adm} 255 N/mm²

E_{c2} 2 %
ε_{cu} 3.5
f_{cd} 18.81
f_{cc}/f_{cd} 0.8
σ_{c,adm} 9.75
τ_{co} 0.6
τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 1 590 kN m
σ_c -18.81 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5
ε_s 35.09
d 94 cm
x 8.526 x/d 0.0907
δ 0.7


Tipo Sezione: Rettan.re ☒ Trapezi
a T ☐ Circolare
Rettangoli ☐ Coord.

Metodo di calcolo: S.L.U. + ☒ S.L.U. -
Metodo n ☐

Tipo flessione: Retta ☒ Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello

☐ Precompresso


 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 53 di 88</p>
---	--	--

Dalla verifica a taglio della sezione di solo calcestruzzo risulta:

- $V_d = 253 \text{ KN/m}$
- $V_r = [0.18 k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} / 1.5] \times 1000 \times 940 / 1000 = 414 \text{ KN/m}$
- $\gamma_s = 414 / 253 = \mathbf{1.63 > 1}$

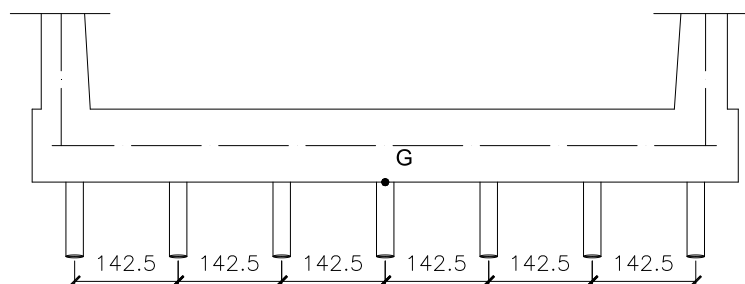
essendo

- $V_{rmin} = (0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}) \times 1000 \times 940 / 1000 = 334 \text{ KN/m}$
- $k = 1 + (200 / 940)^{0.5} = 1.46$
- $\rho_l = 10 \times 452 / (1000 \times 940) = 0.0048$
- $f_{ck} = 33.2 \text{ Mpa}$

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 54 di 88</p>
---	--	--

10.4 VERIFICA DEI MICROPALI

Si riporta di seguito lo schema dei micropali considerati sotto la fondazione dello scatolare:



I micropali saranno di diametro $\Phi 240\text{mm}$, avranno lunghezza 8m tale da intestarsi per 4m nello strato portante di calcare fratturato stratificato Ca2, e saranno realizzati ad interasse longitudinale e trasversale di 75cm.

Si riportano di seguito le caratteristiche della palificata:


Numero pali	7
W pali	13.3 m
Interasse trasversale	2 m

Dalle azioni globali in fondazione, espresse sotto forma di carico verticale R_z e di momento flettente M_y , è possibile calcolare i valori massimi e minimi del carico assiale sui micropali:

CALCOLO DEI CARICHI MASSIMI E MINIMI SUI MICROPALI						
Combinazione	R_z	x_{Rz}	ecc.	M_y	N_{max}	N_{min}
	[kN/m]	[m]	[m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	-929	5.046	0.186	172.79	291.41	239.44
2	-929	4.896	0.036	33.44	270.46	260.40
3	-929	4.896	0.036	33.44	270.46	260.40
4	-929	4.999	0.139	129.13	284.85	246.01
5	-929	4.896	0.036	33.44	270.46	260.40
6	-929	4.896	0.036	33.44	270.46	260.40
7	-542	6.023	1.163	630.35	249.65	60.07

Dalla verifica a compressione del palo più sollecitato risulta:

- $N_{rd} = 319.19 \text{ kN}$
- $N_{d_{max}} = 291.41 \text{ kN} < N_{rd}$
- $\gamma_s = 319.19/291.41 = 1.09 > 1$

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 55 di 88
---	---	---

La verifica a trazione non è necessaria considerando che lo sforzo minimo sul micropalo è di compressione.

Per quanto riguarda la verifica dei micropali alle azioni orizzontali, la forza orizzontale complessiva risulta:

- H max (SLU) = 33 kN/m
- H max (SLV) = 141 kN/m

Considerando il numero e l'interasse trasversale dei pali risulta:

- $H_{rd} = 65.88 \text{ kN}$
- $H_d = (141/7) \times 2.00 = 40.28 \text{ kN} < H_{rd}$
- $\gamma_s = 65.88/40.28 = \mathbf{1.63 > 1}$



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

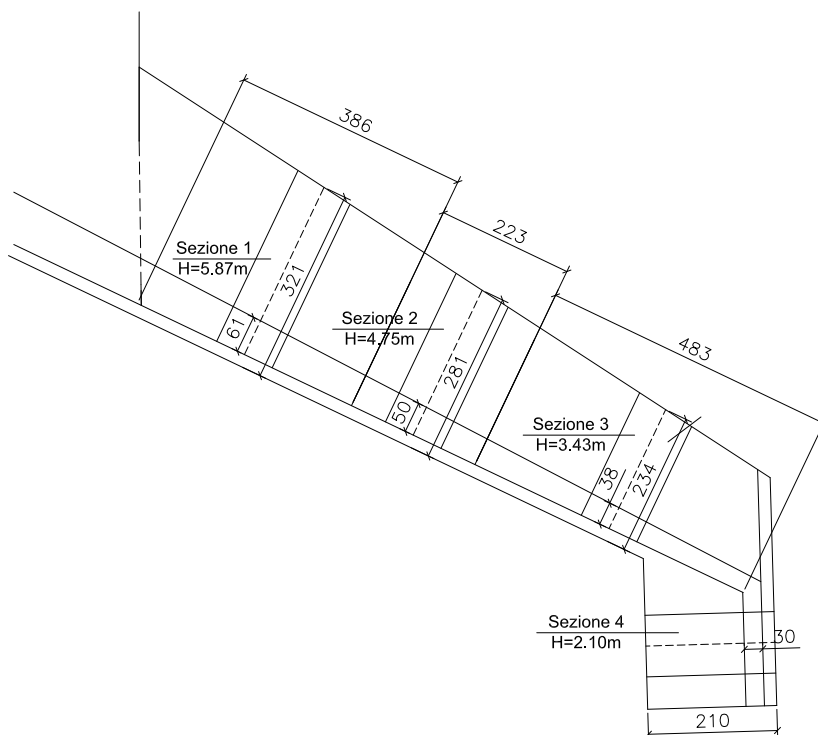
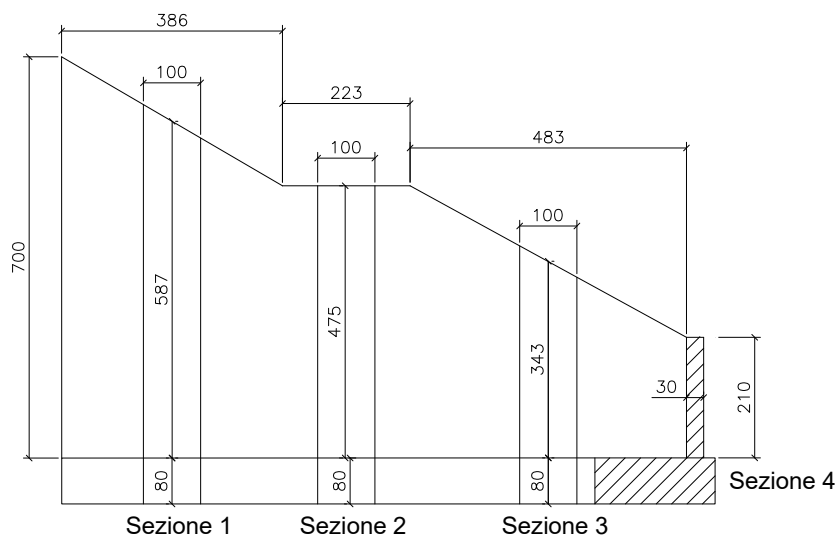
Data: Giugno 2020

Pag. 56 di 88

11 MURO DI SOSTEGNO

Si riporta di seguito la verifica dei muri di sostegno di altezza variabile da 2.10 a 7.00m.

Considerando la variabilità anche dello spessore del paramento verticale e della larghezza della fondazione, la verifica viene svolta analizzando 4 differenti sezioni:





Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

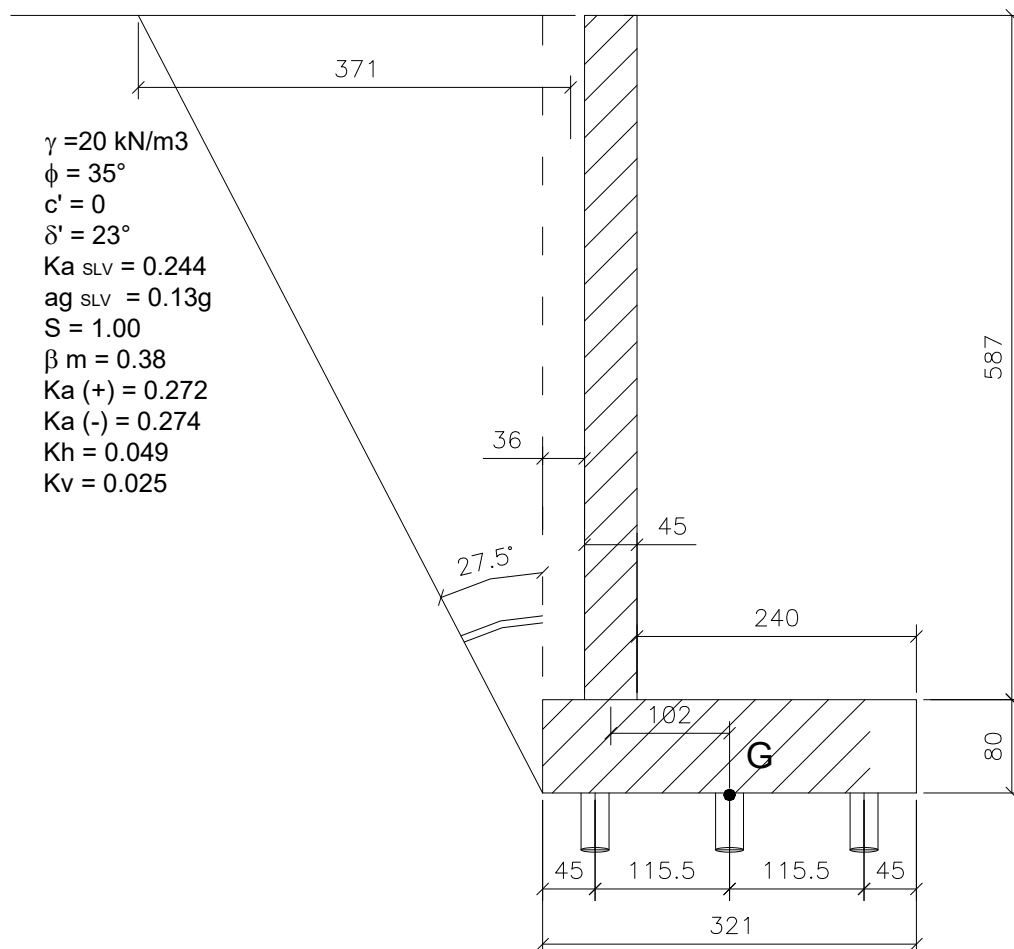
Data: Giugno 2020

Pag. 57 di 88

11.1 SEZIONE 1 - H = 5.87m

Si riporta di seguito lo schema di calcolo utilizzato per l'analisi della sezione 1 rappresentativa del muro di altezza compresa tra 4.75m e 7.00m:

$Q_{SLU} = 10 \text{ kN/m}^2$; $Q_{SLV} = 2 \text{ kN/m}^2$





Ferrovie Appulo Lucane

**RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA**
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 58 di 88

11.1.1 Caratteristiche di sollecitazione allo spiccato

Si riporta di seguito il calcolo delle caratteristiche di sollecitazione massime sul muro, che si verificano in corrispondenza della sezione di spiccato:

PONTE AD ARCO		SOLLECITAZIONI ALLO SPICCATO - MURO H=5.87m									
GEOMETRIA		STATICA				SISMICA 1 (Kh+Kv)				SISMICA 2 (Kh-Kv)	
Spessore medio del muro		cond. di spinta attiva				cond. di spinta attiva+sismica				cond. di spinta attiva+sismica	
Altezza muro											
Altezza fondazione		PESO PROPRIO				PESO PROPRIO				PESO PROPRIO	
Lunghezza mensola interna		Nd 66.0 KN/m				Nd 66.0 KN/m				Nd 66.0 KN/m	
Lunghezza mensola esterna											
Lunghezza totale fondazione		TERRENO A TERGO (attiva)				TERRENO A TERGO (attiva)				TERRENO A TERGO (attiva)	
		Vd 84.2 KN/m				Vd 84.2 KN/m				Vd 84.2 KN/m	
		Md 164.8 KNxm/m				Md 164.8 KNxm/m				Md 164.8 KNxm/m	
PARAMETRI SISMICI											
Accelerazione ag (SLV)		SOVRACCARICO A TERGO (attiva)				SOVRACCARICO A TERGO (attiva)				SOVRACCARICO A TERGO (attiva)	
Coefficiente di sottosuolo S		Vd 14.3 KN/m				Vd 2.9 KN/m				Vd 2.9 KN/m	
Coefficiente di riduzione β_m		Md 42.1 KN/m				Md 8.4 KN/m				Md 8.4 KN/m	
Coefficiente sismico orizzontale											
Coefficiente sismico verticale (\pm)		CARICHI TESTA MURO				CARICHI TESTA MURO				CARICHI TESTA MURO	
		Nd 0.0 KN/m				Nd 0.0 KN/m				Nd 0.0 KN/m	
TERRENO		Vd 0.0 KN/m				Vd 0.0 KN/m				Vd 0.0 KN/m	
Peso di volume		Md 0.0 KN/m				Md 0.0 KN/m				Md 0.0 KN/m	
Angolo di attrito del terreno											
Coesione											
Angolo d'attrito terra - muro		SOLLECITAZIONI TOTALI SLU				INCREMENTO SPINTA SISMICA				INCREMENTO SPINTA SISMICA	
Coefficiente di spinta attiva Ka		Nd 86 KN/m				Vd 10.0 KN/m				Vd 10.5 KN/m	
Coefficiente di spinta sismica Ks (+)		Vd 131 KN/m				Md 29.2 KNxm/m				Md 30.8 KNxm/m	
Coefficiente di spinta sismica Ks (-)		Md 277 KNxm/m									
Lunghezza cuneo di spinta						FORZA D'INERZIA SUL MURO				FORZA D'INERZIA SUL MURO	
		SOLLECITAZIONI TOTALI SLE				Nd 1.6 KN/m				Nd -1.6 KN/m	
SOVRACCARICO ACCIDENTALE A TERGO		Nd 66 KN/m				Vd 3.3 KN/m				Vd 3.2 KN/m	
Intensità carico		Vd 99 KN/m				Md 9.8 KNxm/m				Md 9.3 KNxm/m	
		Md 207 KNxm/m									
CARICHI TESTA MURO						FORZA D'INERZIA SUL TERRENO				FORZA D'INERZIA SUL TERRENO	
Valore del carico Nd						Vd 13.9 KN/m				Vd 13.2 KN/m	
Valore del taglio Td						Md 49.0 KNxm/m				Md 46.7 KNxm/m	
Valore del momento Md											
COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE						FORZA D'INERZIA SOVRACCARICO				FORZA D'INERZIA SOVRACCARICO	
Peso proprio (muro - terreno)						Vd 0.4 KN/m				Vd 0.4 KN/m	
Accidentale a tergo + carichi in testa						Md 2.3 KNxm/m				Md 2.2 KNxm/m	
						SOLLECITAZIONI TOTALI SLV1				SOLLECITAZIONI TOTALI SLV2	
Partecipazione sism. Accidentale						Nd 68 KN/m				Nd 66 KN/m	
						Vd 115 KN/m				Vd 114 KN/m	
						Md 264 KNxm/m				Md 262 KNxm/m	
TERRENO MOBILITATO DAL SISMA											
Volume terreno su zattera interna											
Volume cuneo di spinta											
Volume totale di terreno mobilitato											



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 59 di 88

11.1.2 Verifica a flessione del muro

Dalla verifica a pressoflessione della sezione di spiccato, nell'ipotesi di armare la zona tesa contro terra con $1\Phi 16/10$ e quella compressa con $1\Phi 16/20$ risulta:

- | | |
|--|--|
| - <u>SLU</u> | - <u>SLV1-SLV2</u> |
| - $N_d = 86 \text{ kN/m}$ | - $N_d = 66 \text{ kN/m}$ |
| - $M_d = 277 \text{ kNm/m}$ | - $M_d = 264 \text{ kNm/m}$ |
| - $M_r = 438 \text{ kNm/m}$ | - $M_r = 433 \text{ kNm/m}$ |
| - $\gamma_s = 438/277 = \mathbf{1.58 > 1}$ | - $\gamma_s = 433/264 = \mathbf{1.64 > 1}$ |

Si riporta di seguito il dettaglio della verifica più gravosa:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro H=5.87m (sez.1) - Parete

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: []

N° figure elementari [1] Zoom N° strati barre [2] Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	61

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	6
2	20.11	55

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 86 0 kN
M_{Ed} 0 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 438.4 kN m

Materiali: B450C C32/40

Proprietà	B450C	C32/40
ϵ_{su}	67.5 ‰	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	3.5 N/mm²
E_s	200 000 N/mm²	18.81 N/mm²
E_s/E_c	15	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	9.75 ‰
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	0.6
τ_{c1}		1.829

σ_c -18.81 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 29.44 ‰
d 55 cm
x 5.845 x/d 0.1063
 δ 0.7

Metodo di calcolo: S.L.U. + S.L.U. - Metodo n


Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 60 di 88</p>
---	--	--

11.1.3 Verifica a taglio del muro

La resistenza a taglio del paramento verticale risulta:

$$- V_r = (0.18 \times K \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c) \times b \times d = \mathbf{243 \text{ KN}}$$

dove:

- $b = 1000 \text{ mm}$, $d = 550 \text{ mm}$, $K = 1 + (200/d)^{1/2} = 1.603$
- $\rho_l = A_{sl}/(b \times d) = (10 \times 201)/(1000 \times 550) = 0.00365$
- $f_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2$, $\gamma_c = 1.5$
- $V_{r \text{ min}} = (0.035 \times K^{3/2} \times f_{ck}^{1/2}) \times b \times d = 225 \text{ KN}$

Dalla verifica a taglio risulta:

<ul style="list-style-type: none"> - <u>SLU</u> - $V_d = 86 \text{ kN/m}$ - $V_r = 243 \text{ kN/m}$ - $\gamma_s = 243/86 = \mathbf{2.82 > 1}$ 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>SLV1-SLV2</u> - $V_d = 68 \text{ kN/m}$ - $V_r = 243 \text{ kN/m}$ - $\gamma_s = 243/68 = \mathbf{3.57 > 1}$
--	--



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 61 di 88

11.1.4 Verifica a flessione della fondazione

Dalla verifica dell'armatura di fondazione, ipotizzata pari $1\Phi 16/20$ superiore e $1\Phi 16/10$ inferiore, svolta in corrispondenza dell'attacco tra la zattera esterna e il paramento verticale, risulta:

- | | |
|--|--|
| - <u>SLU</u> | - <u>SLV1-SLV2</u> |
| - $M_d = 277 + 131 \times 0.4 = 329 \text{ kNm/m}$ | - $M_d = 264 + 115 \times 0.4 = 310 \text{ kNm/m}$ |
| - $M_r = 566 \text{ kNm}$ | - $M_r = 566 \text{ kNm}$ |
| - $\gamma_s = 566/329 = 1.72 > 1$ | - $\gamma_s = 566/310 = 1.82 > 1$ |

Si riporta di seguito il dettaglio della verifica più gravosa:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro H=5.87m (sez.1) - Fondazione

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	80

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	6
2	20.11	74

Tipo Sezione
☒ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N Ed 0 0 kN
M xEd 0 0 kNm
M yEd 0 0

P.to applicazione N
☐ Centro ☒ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -
☐ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L0 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200 000 N/mm²	f_{cd}	18.81
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9.75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.6
		τ_{c1}	1.829

M xRd 566.2 kNm

σ_c -18.81 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 43.29 ‰
d 74 cm
x 5.536 x/d 0.0748
 δ 0.7



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 62 di 88

11.1.5 Carichi a intradosso fondazione

Si riporta di seguito il calcolo delle massime caratteristiche di sollecitazione nel baricentro della fondazione a quota intradosso:

PONTE AD ARCO			CARICHI A INTRADOSO FONDAZIONE - MURO H=5.87m								
LARGHEZZA FONDAZIONE			STATICA			SISMICA 1 (kh+Kv)			SISMICA 2 (Kh-Kv)		
B - Lunghezza fondazione	3.21	m	cond. di spinta attiva			cond. di spinta attiva+sismica			cond. di spinta attiva+sismica		
BARICENTRO FONDAZIONE			PESO PROPRIO MURO			PESO PROPRIO MURO			PESO PROPRIO MURO		
X _G - Distanza dal filo più interno	1.61	m	Nd	66.0	KN/m	Nd	66.0	KN/m	Nd	66.0	KN/m
			X _N	0.59	m	X _N	0.59	m	X _N	0.59	m
			Md	-67.4	KNxm/m	Md	-67.4	KNxm/m	Md	-67.4	KNxm/m
CARATTERISTICHE SEZIONE IMPRONTA			PESO FONDAZIONE			PESO FONDAZIONE			PESO FONDAZIONE		
A - Area	3.21	m ² /m	Nd	64.2	KN/m	Nd	64.2	KN/m	Nd	64.2	KN/m
W - Modulo di resistenza	1.72	m ³ /m	TERRENO A TERGO (attiva)			TERRENO A TERGO (attiva)			TERRENO A TERGO (attiva)		
			Nd	42.3	KN/m	Nd	42.3	KN/m	Nd	42.3	KN/m
			X _N	0.18	m	X _N	0.18	m	X _N	0.18	m
			Vd	108.7	KN/m	Vd	108.7	KN/m	Vd	108.7	KN/m
			Md	181.5	KNxm/m	Md	181.5	KNxm/m	Md	181.5	KNxm/m
			SOVRACCARICO A TERGO (attiva)			SOVRACCARICO A TERGO (attiva)			SOVRACCARICO A TERGO (attiva)		
			Nd	3.6	KN/m	Nd	0.7	KN/m	Nd	0.7	KN/m
			X _N	0.18	m	X _N	0.18	m	X _N	0.18	m
			Vd	16.3	KN/m	Vd	3.3	KN/m	Vd	3.3	KN/m
			Md	49.2	KN/m	Md	9.8	KN/m	Md	9.8	KN/m
			CARICHI TESTA MURO			CARICHI TESTA MURO			CARICHI TESTA MURO		
			Nd	0.0	KN/m	Nd	0.0	KN/m	Nd	0.0	KN/m
			X _N	0.59	m	X _N	0.59	m	X _N	0.59	m
			Vd	0.0	KN/m	Vd	0.0	KN/m	Vd	0.0	KN/m
			Md	0.0	KN/m	Md	0.0	KN/m	Md	0.0	KN/m
			SOLLECITAZIONI TOTALI SLU			INCREMENTO SPINTA SISMICA			INCREMENTO SPINTA SISMICA		
			Nd	230	KN/m	Vd	12.8	KN/m	Vd	13.5	KN/m
			Vd	166	KN/m	Md	42.7	KNxm/m	Md	45.0	KNxm/m
			Md	222	KNxm/m						
			SOLLECITAZIONI TOTALI SLE			FORZA D'INERZIA SUL MURO			FORZA D'INERZIA SUL MURO		
			Nd	176	KN/m	Nd	3.2	KN/m	Nd	-3.2	KN/m
			Vd	125	KN/m	Vd	6.6	KN/m	Vd	6.3	KN/m
			Md	163	KNxm/m	Md	12.1	KNxm/m	Md	11.5	KNxm/m
						FORZA D'INERZIA SUL TERRENO			FORZA D'INERZIA SUL TERRENO		
						Nd	1.0	KN/m	Nd	-1.0	KN/m
						Vd	13.9	KN/m	Vd	13.2	KN/m
						Md	58.6	KNxm/m	Md	58.7	KNxm/m
						FORZA D'INERZIA SOVRACCARICO			FORZA D'INERZIA SOVRACCARICO		
						Nd	0.0	KN/m	Nd	0.0	KN/m
						Vd	0.4	KN/m	Vd	0.4	KN/m
						Md	2.6	KNxm/m	Md	2.5	KNxm/m
						SOLLECITAZIONI TOTALI SLV1			SOLLECITAZIONI TOTALI SLV2		
						Nd	178	KN/m	Nd	169	KN/m
						Vd	146	KN/m	Vd	145	KN/m
						Md	240	KNxm/m	Md	242	KNxm/m

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 63 di 88
---	---	---

11.1.6 Verifica a compressione dei micropali

Si riportano di seguito le verifiche dei micropali $\Phi 240$, armati con tubolare 177.8x10 in acciaio S355 di lunghezza 8.00m tale da ammorsare nel sottostrato roccioso per 4m.

VERIFICA A COMPRESSIONE DEI MICROPALI			
Dalla verifica dei micropali più sollecitati risulta:			
Numero pali	n		3
Modulo palificata per la ripartizione dei carichi	W		2.31 m
Interasse trasversale pali	I trasv.		0.75 m
VERIFICA SLU			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		230 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		222 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (Nd/n + Md/W) \times I \text{ trasv}$		129.59 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = Nrd/N_{max}$		2.46 > 1.00
VERIFICA SLV1			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		178 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		240 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (Nd/n + Md/W) \times I \text{ trasv}$		122.32 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = Nrd/N_{max}$		2.61 > 1.00
VERIFICA SLV2			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		169 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		242 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (Nd/n + Md/W) \times I \text{ trasv}$		120.70 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = Nrd/N_{max}$		2.64 > 1.00


Le verifiche risultano soddisfatte.

11.1.7 Verifica a trazione dei micropali

Il carico minimo sui micropali risulta pari a:

$N_{min} (SLU) = (Nd/n - Md/W) \times I \text{ trasv}$	-14.77 kN
$N_{min} (SLV1) =$	-33.57 kN
$N_{min} (SLV2)$	-36.23 kN

Essendo il carico limite di progetto a trazione pari a 244kN la verifica è ampiamente soddisfatta.

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 64 di 88</p>
---	--	--

11.1.8 Verifica a carico limite orizzontale dei micropali

VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE			
Dalla verifica risulta:			
Numero pali	n		3
Interasse trasversale pali	I trasv.		0.75 m
Carico limite orizzontale di progetto	H lim d		65.88 kN
VERIFICA SLU			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLU)		131.01 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n)x I trasv		32.75 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.01 > 1.00
VERIFICA SLV1			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLV1)		114.64 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n)x I trasv		28.66 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.30 > 1.00
VERIFICA SLV2			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLV2)		114.33 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n)x I trasv		28.58 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.30 > 1.00



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

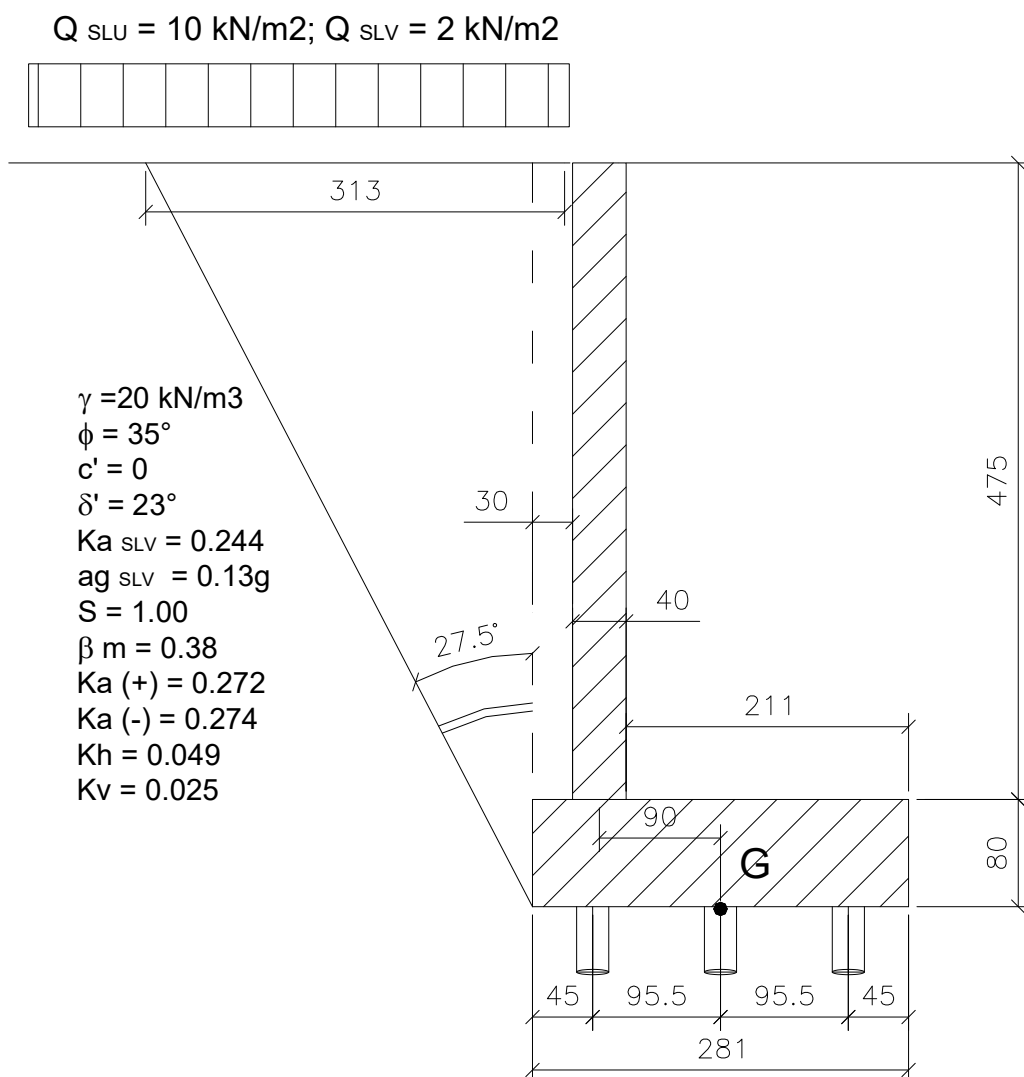
DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 65 di 88

11.2 SEZIONE 2 - H = 4.75m

Si riporta di seguito lo schema di calcolo utilizzato per l'analisi della sezione 2 rappresentativa del tratto di muro di altezza costante pari a 4.75m:





Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 66 di 88

11.2.1 Caratteristiche di sollecitazione allo spiccato

Si riporta di seguito il calcolo delle caratteristiche di sollecitazione massime sul muro, che si verificano in corrispondenza della sezione di spiccato:

PONTE AD ARCO		SOLLECITAZIONI ALLO SPICCATO - MURO H=4.75m					
GEOMETRIA		STATICA		SISMICA 1 (Kh+Kv)		SISMICA 2 (Kh-Kv)	
Spessore medio del muro	0.40 m	cond. di spinta attiva		cond. di spinta attiva+sismica		cond. di spinta attiva+sismica	
Altezza muro	4.75 m						
Altezza fondazione	0.80 m	PESO PROPRIO		PESO PROPRIO		PESO PROPRIO	
Lunghezza mensola interna	0.30 m	Nd	47.5 KN/m	Nd	47.5 KN/m	Nd	47.5 KN/m
Lunghezza mensola esterna	2.11 m	TERRENO A TERGO (attiva)		TERRENO A TERGO (attiva)		TERRENO A TERGO (attiva)	
Lunghezza totale fondazione	2.81 m	Vd	55.1 KN/m	Vd	55.1 KN/m	Vd	55.1 KN/m
		Md	87.3 KNxm/m	Md	87.3 KNxm/m	Md	87.3 KNxm/m
PARAMETRI SISMICI		SOVRACCARICO A TERGO (attiva)		SOVRACCARICO A TERGO (attiva)		SOVRACCARICO A TERGO (attiva)	
Accelerazione ag (SLV)	0.130 g	Vd	11.6 KN/m	Vd	2.3 KN/m	Vd	2.3 KN/m
Coefficiente di sottosuolo S	1.000	Md	27.6 KN/m	Md	5.5 KN/m	Md	5.5 KN/m
Coefficiente di riduzione β_m	0.38	CARICHI TESTA MURO		CARICHI TESTA MURO		CARICHI TESTA MURO	
Coefficiente sismico orizzontale	0.049	Nd	0.0 KN/m	Nd	0.0 KN/m	Nd	0.0 KN/m
Coefficiente sismico verticale (\pm)	0.025	Vd	0.0 KN/m	Vd	0.0 KN/m	Vd	0.0 KN/m
		Md	0.0 KN/m	Md	0.0 KN/m	Md	0.0 KN/m
TERRENO		SOLLECITAZIONI TOTALI SLU		INCREMENTO SPINTA SISMICA		INCREMENTO SPINTA SISMICA	
Peso di volume	20.00 KN/m3	Nd	62 KN/m	Vd	6.6 KN/m	Vd	6.9 KN/m
Angolo di attrito del terreno	35.00 °	Vd	89 KN/m	Md	15.6 KNxm/m	Md	16.4 KNxm/m
Coesione	0.00 KN/m2	Md	155 KNxm/m	FORZA D'INERZIA SUL MURO		FORZA D'INERZIA SUL MURO	
Angolo d'attrito terra - muro	23.00 °	SOLLECITAZIONI TOTALI SLE		Nd	1.2 KN/m	Nd	-1.2 KN/m
Coefficiente di spinta attiva Ka	0.244	Nd	48 KN/m	Vd	2.4 KN/m	Vd	2.3 KN/m
Coefficiente di spinta sismica Ks (+)	0.272	Vd	67 KN/m	Md	5.7 KNxm/m	Md	5.4 KNxm/m
Coefficiente di spinta sismica Ks (-)	0.274	Md	115 KNxm/m	FORZA D'INERZIA SUL TERRENO		FORZA D'INERZIA SUL TERRENO	
Lunghezza cuneo di spinta	2.89 m			Vd	9.6 KN/m	Vd	9.1 KN/m
				Md	27.0 KNxm/m	Md	25.7 KNxm/m
SOVRACCARICO ACCIDENTALE A TERGO				FORZA D'INERZIA SOVRACCARICO		FORZA D'INERZIA SOVRACCARICO	
Intensità carico	10.00 KN/m2			Vd	0.3 KN/m	Vd	0.3 KN/m
				Md	1.5 KNxm/m	Md	1.5 KNxm/m
CARICHI TESTA MURO				SOLLECITAZIONI TOTALI SLV1		SOLLECITAZIONI TOTALI SLV2	
Valore del carico Nd	0.0 KN/m			Nd	49 KN/m	Nd	48 KN/m
Valore del taglio Td	0.0 KN/m			Vd	76 KN/m	Vd	76 KN/m
Valore del momento Md	0.0 KN/m			Md	143 KNxm/m	Md	142 KNxm/m
COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE							
Peso proprio (muro - terreno)	1.30						
Accidentale a tergo + carichi in testa	1.50						
Partecipazione sism. Accidentale	20%						
TERRENO MOBILITATO DAL SISMA							
Volume terreno su zattera interna	1.43 m3						
Volume cuneo di spinta	8.02 m3						
Volume totale di terreno mobilitato	9.44 m3						



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 67 di 88

11.2.2 Verifica a flessione del muro

Dalla verifica a pressoflessione della sezione di spiccato, nell'ipotesi di armare la zona tesa contro terra con $1\Phi 16/10$ e quella compressa con $1\Phi 16/20$ risulta:

- | | |
|--|--|
| - <u>SLU</u> | - <u>SLV1-SLV2</u> |
| - $N_d = 62 \text{ kN/m}$ | - $N_d = 48 \text{ kN/m}$ |
| - $M_d = 155 \text{ kNm/m}$ | - $M_d = 143 \text{ kNm/m}$ |
| - $M_r = 358 \text{ kNm/m}$ | - $M_r = 355 \text{ kNm/m}$ |
| - $\gamma_s = 358/155 = \mathbf{2.30 > 1}$ | - $\gamma_s = 355/143 = \mathbf{2.48 > 1}$ |

Si riporta di seguito il dettaglio della verifica più gravosa:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro H=4.75m (sez.2) - Parete

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: []

N° figure elementari [1] Zoom N° strati barre [2] Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	6
2	20.11	46

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 62 0 kN
M_{Ed} 0 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 358.1 kN m

Materiali: B450C C32/40

Proprietà	B450C	C32/40
ϵ_{su} ‰	67.5	2
f_{yd} N/mm²	391.3	3.5
E_s N/mm²	200 000	18.81
E_s/E_c	15	0.8
ϵ_{syd} ‰	1.957	9.75
$\sigma_{s,adm}$ N/mm²	255	0.6
τ_{c1}		1.829

σ_c -18.81 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 24.45 ‰
d 46 cm
x 5.76 x/d 0.1252
 δ 0.7

Metodo di calcolo: S.L.U. + S.L.U. - Metodo n


Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 68 di 88</p>
---	--	--

11.2.3 Verifica a taglio del muro

La resistenza a taglio del paramento verticale risulta:

$$- \mathbf{V_r = (0.18 \times K \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c) \times b \times d = 218 \text{ KN}}$$

dove:

- $b = 1000 \text{ mm}$, $d = 440 \text{ mm}$, $K = 1 + (200/d)^{1/2} = 1.674$
- $\rho_l = A_{sl}/(b \times d) = (10 \times 201)/(1000 \times 440) = 0.00456$
- $f_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2$, $\gamma_c = 1.5$
- $V_{r \text{ min}} = (0.035 \times K^{3/2} \times f_{ck}^{1/2}) \times b \times d = 192 \text{ KN}$

Dalla verifica a taglio risulta:

<ul style="list-style-type: none"> - <u>SLU</u> - $V_d = 89 \text{ kN/m}$ - $V_r = 218 \text{ kN/m}$ - $\gamma_s = 218/89 = \mathbf{2.45 > 1}$ 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>SLV1-SLV2</u> - $V_d = 76 \text{ kN/m}$ - $V_r = 218 \text{ kN/m}$ - $\gamma_s = 218/76 = \mathbf{2.87 > 1}$
--	--



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 69 di 88

11.2.4 Verifica a flessione della fondazione

Dalla verifica dell'armatura di fondazione, ipotizzata pari $1\Phi 16/20$ superiore e $1\Phi 16/20$ inferiore, svolta in corrispondenza dell'attacco tra la zattera esterna e il paramento verticale, risulta:

- | | |
|---|---|
| - <u>SLU</u> | - <u>SLV1-SLV2</u> |
| - $M_d = 155 + 89 \times 0.4 = 191 \text{ kNm/m}$ | - $M_d = 143 + 76 \times 0.4 = 173 \text{ kNm/m}$ |
| - $M_r = 295 \text{ kNm}$ | - $M_r = 295 \text{ kNm}$ |
| - $\gamma_s = 295/191 = 1.54 > 1$ | - $\gamma_s = 295/173 = 1.70 > 1$ |

Si riporta di seguito il dettaglio della verifica più gravosa:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro H=4.75m (sez.2) - Fondazione

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	80

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	6
2	10.05	74

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 0 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
☐ Centro ☒ Baricentro cls
☐ Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -
☐ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200 000 N/mm²	f_{cd}	18.81 N/mm²
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9.75 N/mm²
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.6 N/mm²
		τ_{c1}	1.829 N/mm²

M_{xRd} 295.1 kNm

σ_c -18.81 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

ϵ_c 3.5 ‰

ϵ_s 56.26 ‰

d 74 cm

x 4.334 x/d 0.05856

δ 0.7



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC


Data: Giugno 2020

Pag. 70 di 88

11.2.5 Carichi a intradosso fondazione

Si riporta di seguito il calcolo delle massime caratteristiche di sollecitazione nel baricentro della fondazione a quota intradosso:

PONTE AD ARCO			CARICHI A INTRADOSO FONDAZIONE - MURO H=4.75m					
LARGHEZZA FONDAZIONE			STATICA		SISMICA 1 (kh+Kv)		SISMICA 2 (Kh-Kv)	
B - Lunghezza fondazione	2.81	m	cond. di spinta attiva		cond. di spinta attiva+sismica		cond. di spinta attiva+sismica	
BARICENTRO FONDAZIONE			PESO PROPRIO MURO		PESO PROPRIO MURO		PESO PROPRIO MURO	
X _G - Distanza dal filo più interno	1.41	m	Nd	47.5 KN/m	Nd	47.5 KN/m	Nd	47.5 KN/m
			X _N	0.50 m	X _N	0.50 m	X _N	0.50 m
			Md	-43.0 KNxm/m	Md	-43.0 KNxm/m	Md	-43.0 KNxm/m
CARATTERISTICHE SEZIONE IMPRONTA			PESO FONDAZIONE		PESO FONDAZIONE		PESO FONDAZIONE	
A - Area	2.81	m ² /m	Nd	56.2 KN/m	Nd	56.2 KN/m	Nd	56.2 KN/m
W - Modulo di resistenza	1.32	m ³ /m	TERRENO A TERGO (attiva)		TERRENO A TERGO (attiva)		TERRENO A TERGO (attiva)	
			Nd	28.5 KN/m	Nd	28.5 KN/m	Nd	28.5 KN/m
			X _N	0.15 m	X _N	0.15 m	X _N	0.15 m
			Vd	75.3 KN/m	Vd	75.3 KN/m	Vd	75.3 KN/m
			Md	103.5 KNxm/m	Md	103.5 KNxm/m	Md	103.5 KNxm/m
			SOVRACCARICO A TERGO (attiva)		SOVRACCARICO A TERGO (attiva)		SOVRACCARICO A TERGO (attiva)	
			Nd	3.0 KN/m	Nd	0.6 KN/m	Nd	0.6 KN/m
			X _N	0.15 m	X _N	0.15 m	X _N	0.15 m
			Vd	13.6 KN/m	Vd	2.7 KN/m	Vd	2.7 KN/m
			Md	33.9 KN/m	Md	6.8 KN/m	Md	6.8 KN/m
			CARICHI TESTA MURO		CARICHI TESTA MURO		CARICHI TESTA MURO	
			Nd	0.0 KN/m	Nd	0.0 KN/m	Nd	0.0 KN/m
			X _N	0.50 m	X _N	0.50 m	X _N	0.50 m
			Vd	0.0 KN/m	Vd	0.0 KN/m	Vd	0.0 KN/m
			Md	0.0 KN/m	Md	0.0 KN/m	Md	0.0 KN/m
			SOLLECITAZIONI TOTALI SLU		INCREMENTO SPINTA SISMICA		INCREMENTO SPINTA SISMICA	
			Nd	176 KN/m	Vd	8.9 KN/m	Vd	9.4 KN/m
			Vd	118 KN/m	Md	24.7 KNxm/m	Md	26.1 KNxm/m
			Md	130 KNxm/m				
			SOLLECITAZIONI TOTALI SLE		FORZA D'INERZIA SUL MURO		FORZA D'INERZIA SUL MURO	
			Nd	135 KN/m	Nd	2.6 KN/m	Nd	-2.6 KN/m
			Vd	89 KN/m	Vd	5.2 KN/m	Vd	5.0 KN/m
			Md	94 KNxm/m	Md	7.7 KNxm/m	Md	7.3 KNxm/m
					FORZA D'INERZIA SUL TERRENO		FORZA D'INERZIA SUL TERRENO	
			Nd	0.7 KN/m	Nd	0.7 KN/m	Nd	-0.7 KN/m
			Vd	9.6 KN/m	Vd	9.6 KN/m	Vd	9.1 KN/m
			Md	33.7 KNxm/m	Md	33.7 KNxm/m	Md	33.8 KNxm/m
					FORZA D'INERZIA SOVRACCARICO		FORZA D'INERZIA SOVRACCARICO	
			Nd	0.0 KN/m	Nd	0.0 KN/m	Nd	0.0 KN/m
			Vd	0.3 KN/m	Vd	0.3 KN/m	Vd	0.3 KN/m
			Md	1.8 KNxm/m	Md	1.8 KNxm/m	Md	1.7 KNxm/m
			SOLLECITAZIONI TOTALI SLV1		SOLLECITAZIONI TOTALI SLV2		SOLLECITAZIONI TOTALI SLV2	
			Nd	136 KN/m	Nd	136 KN/m	Nd	130 KN/m
			Vd	102 KN/m	Vd	102 KN/m	Vd	102 KN/m
			Md	135 KNxm/m	Md	135 KNxm/m	Md	136 KNxm/m

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 71 di 88
---	---	---

11.2.6 Verifica a compressione dei micropali

Si riportano di seguito le verifiche dei micropali $\Phi 240$, armati con tubolare 177.8x10 in acciaio S355 di lunghezza 8.00m tale da ammorsare nel sottostrato roccioso per 4m.

VERIFICA A COMPRESSIONE DEI MICROPALI			
Dalla verifica dei micropali più sollecitati risulta:			
Numero pali	n		3
Modulo palificata per la ripartizione dei carichi	W		1.91 m
Interasse trasversale pali	I trasv.		1 m
VERIFICA SLU			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		176 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		130 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (Nd/n + Md/W) \times I \text{ trasv}$		126.59 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = Nrd/N_{max}$		2.52 > 1.00
VERIFICA SLV1			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		136 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		135 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (Nd/n + Md/W) \times I \text{ trasv}$		116.18 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = Nrd/N_{max}$		2.75 > 1.00
VERIFICA SLV2			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		130 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		136 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (Nd/n + Md/W) \times I \text{ trasv}$		114.49 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = Nrd/N_{max}$		2.79 > 1.00


Le verifiche risultano soddisfatte.

11.2.7 Verifica a trazione dei micropali

Il carico minimo sui micropali risulta pari a:

$N_{min} (SLU) = (Nd/n - Md/W) \times I \text{ trasv}$	-9.02 kN
$N_{min} (SLV1) =$	-25.46 kN
$N_{min} (SLV2)$	-28.15 kN

Essendo il carico limite di progetto a trazione pari a 244kN la verifica è ampiamente soddisfatta.

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 72 di 88</p>
---	--	--

11.2.8 Verifica a carico limite orizzontale dei micropali

VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE			
Dalla verifica risulta:			
Numero pali	n		3
Interasse trasversale pali	l trasv.		1 m
Carico limite orizzontale di progetto	H lim d		65.88 kN
VERIFICA SLU			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLU)		89.11 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n)x l trasv		29.70 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.22 > 1.00
VERIFICA SLV1			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLV1)		76.33 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n)x l trasv		25.44 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.59 > 1.00
VERIFICA SLV2			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLV2)		76.09 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n)x l trasv		25.36 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.60 > 1.00



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

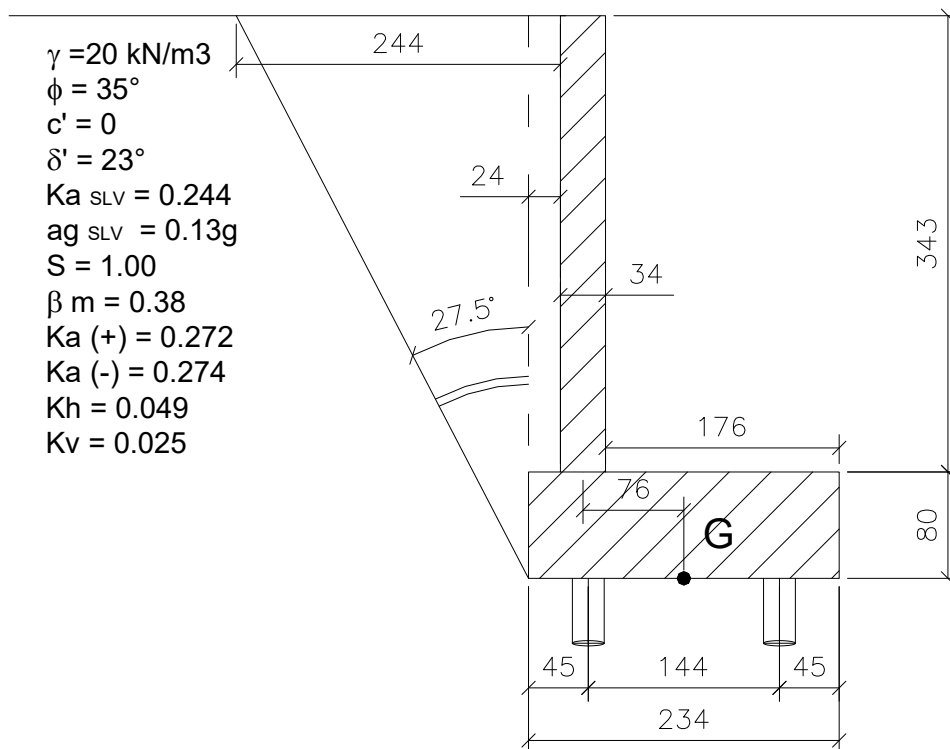
PROGETTO DEFINITIVO
Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC
Data: Giugno 2020
Pag. 73 di 88

11.3 SEZIONE 3 - H = 3.43m

Si riporta di seguito lo schema di calcolo utilizzato per l'analisi della sezione 3 rappresentativa del muro di altezza compresa tra 2.10m e 4.75m:

$Q_{SLU} = 10 \text{ kN/m}^2$; $Q_{SLV} = 2 \text{ kN/m}^2$





Ferrovie Appulo Lucane

**RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA**
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 74 di 88

11.3.1 Caratteristiche di sollecitazione allo spiccato

Si riporta di seguito il calcolo delle caratteristiche di sollecitazione massime sul muro, che si verificano in corrispondenza della sezione di spiccato:

PONTE AD ARCO		SOLLECITAZIONI ALLO SPICCATO - MURO H=3.43m					
GEOMETRIA		STATICA		SISMICA 1 (Kh+Kv)		SISMICA 2 (Kh-Kv)	
Spessore medio del muro	0.34 m	cond. di spinta attiva		cond. di spinta attiva+sismica		cond. di spinta attiva+sismica	
Altezza muro	3.43 m						
Altezza fondazione	0.80 m	PESO PROPRIO		PESO PROPRIO		PESO PROPRIO	
Lunghezza mensola interna	0.24 m	Nd	29.2 KN/m	Nd	29.2 KN/m	Nd	29.2 KN/m
Lunghezza mensola esterna	1.76 m	TERRENO A TERGO (attiva)		TERRENO A TERGO (attiva)		TERRENO A TERGO (attiva)	
Lunghezza totale fondazione	2.34 m	Vd	28.8 KN/m	Vd	28.8 KN/m	Vd	28.8 KN/m
		Md	32.9 KNxm/m	Md	32.9 KNxm/m	Md	32.9 KNxm/m
PARAMETRI SISMICI		SOVRACCARICO A TERGO (attiva)		SOVRACCARICO A TERGO (attiva)		SOVRACCARICO A TERGO (attiva)	
Accelerazione ag (SLV)	0.130 g	Vd	8.4 KN/m	Vd	1.7 KN/m	Vd	1.7 KN/m
Coefficiente di sottosuolo S	1.000	Md	14.4 KN/m	Md	2.9 KN/m	Md	2.9 KN/m
Coefficiente di riduzione β_m	0.38	CARICHI TESTA MURO		CARICHI TESTA MURO		CARICHI TESTA MURO	
Coefficiente sismico orizzontale	0.049	Nd	0.0 KN/m	Nd	0.0 KN/m	Nd	0.0 KN/m
Coefficiente sismico verticale (\pm)	0.025	Vd	0.0 KN/m	Vd	0.0 KN/m	Vd	0.0 KN/m
		Md	0.0 KN/m	Md	0.0 KN/m	Md	0.0 KN/m
TERRENO		SOLLECITAZIONI TOTALI SLU		INCREMENTO SPINTA SISMICA		INCREMENTO SPINTA SISMICA	
Peso di volume	20.00 KN/m ³	Nd	38 KN/m	Vd	3.5 KN/m	Vd	3.7 KN/m
Angolo di attrito del terreno	35.00 °	Vd	50 KN/m	Md	6.0 KNxm/m	Md	6.3 KNxm/m
Coesione	0.00 KN/m ²	Md	64 KNxm/m	FORZA D'INERZIA SUL MURO		FORZA D'INERZIA SUL MURO	
Angolo d'attrito terra - muro	23.00 °	SOLLECITAZIONI TOTALI SLE		Nd	0.7 KN/m	Nd	-0.7 KN/m
Coefficiente di spinta attiva Ka	0.244	Nd	29 KN/m	Vd	1.5 KN/m	Vd	1.4 KN/m
Coefficiente di spinta sismica Ks (+)	0.272	Vd	37 KN/m	Md	2.5 KNxm/m	Md	2.4 KNxm/m
Coefficiente di spinta sismica Ks (-)	0.274	Md	47 KNxm/m	FORZA D'INERZIA SUL TERRENO		FORZA D'INERZIA SUL TERRENO	
Lunghezza cuneo di spinta	2.20 m			Vd	5.5 KN/m	Vd	5.3 KN/m
				Md	11.0 KNxm/m	Md	10.4 KNxm/m
SOVRACCARICO ACCIDENTALE A TERGO				FORZA D'INERZIA SOVRACCARICO		FORZA D'INERZIA SOVRACCARICO	
Intensità carico	10.00 KN/m ²			Vd	0.2 KN/m	Vd	0.2 KN/m
				Md	0.8 KNxm/m	Md	0.8 KNxm/m
CARICHI TESTA MURO				SOLLECITAZIONI TOTALI SLV1		SOLLECITAZIONI TOTALI SLV2	
Valore del carico Nd	0.0 KN/m			Nd	30 KN/m	Nd	29 KN/m
Valore del taglio Td	0.0 KN/m			Vd	41 KN/m	Vd	41 KN/m
Valore del momento Md	0.0 KN/m			Md	56 KNxm/m	Md	56 KNxm/m
COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE							
Peso proprio (muro - terreno)	1.30						
Accidentale a tergo + carichi in testa	1.50						
Partecipazione sism. Accidentale	20%						
TERRENO MOBILITATO DAL SISMA							
Volume terreno su zattera interna	0.82 m ³						
Volume cuneo di spinta	4.66 m ³						
Volume totale di terreno mobilitato	5.48 m ³						



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 75 di 88

11.3.2 Verifica a flessione del muro

Dalla verifica a pressoflessione della sezione di spiccato, nell'ipotesi di armare la zona tesa contro terra con $1\Phi 16/20$ e quella compressa con $1\Phi 16/20$ risulta:

- | | |
|---|---|
| - <u>SLU</u> | - <u>SLV1-SLV2</u> |
| - $N_d = 38 \text{ kN/m}$ | - $N_d = 29 \text{ kN/m}$ |
| - $M_d = 64 \text{ kNm/m}$ | - $M_d = 56 \text{ kNm/m}$ |
| - $M_r = 135 \text{ kNm/m}$ | - $M_r = 134 \text{ kNm/m}$ |
| - $\gamma_s = 135/64 = \mathbf{2.10} > 1$ | - $\gamma_s = 134/56 = \mathbf{2.39} > 1$ |

Si riporta di seguito il dettaglio della verifica più gravosa:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro H=3.43m (sez.3) - Parete

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: []

N° figure elementari [1] Zoom N° strati barre [2] Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	38

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	6
2	10.05	32

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 38 0 kN
M_{Ed} 0 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
☐ Centro ☒ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200 000 N/mm²	f_{cd}	18.81
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9.75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.6
		τ_{c1}	1.829


M_{xRd} 135.3 kN m

σ_c -18.81 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 21.7 ‰
d 32 cm
x 4.44 x/d 0.1389
 δ 0.7

Metodo di calcolo
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -
☒ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
☐ Precompresso

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 76 di 88</p>
---	--	--

11.3.3 Verifica a taglio del muro

La resistenza a taglio del paramento verticale risulta:

$$- \mathbf{V_r = V_r \min = (0.035 \times K^{3/2} \times f_{ck}^{1/2}) \times b \times d = 154 \text{ KN}}$$

dove:

- $b = 1000 \text{ mm}$, $d = 320 \text{ mm}$, $K = 1 + (200/d)^{1/2} = 1.790$
- $\rho_l = A_{sl}/(b \times d) = (5 \times 201)/(1000 \times 320) = 0.0032$
- $f_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2$, $\gamma_c = 1.5$

Il valore del taglio resistente appena calcolato risulta maggiore del seguente valore minimo:

$$- V_{rmin} > (0.18 \times K \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c) \times b \times d = 151 \text{ KN}$$

Dalla verifica a taglio risulta:

<ul style="list-style-type: none"> - <u>SLU</u> - $V_d = 50 \text{ kN/m}$ - $V_r = 154 \text{ kN/m}$ - $\gamma_s = 154/50 = \mathbf{3.08 > 1}$ 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>SLV1-SLV2</u> - $V_d = 41 \text{ kN/m}$ - $V_r = 154 \text{ kN/m}$ - $\gamma_s = 154/41 = \mathbf{3.75 > 1}$
--	--



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 77 di 88

11.3.4 Verifica a flessione della fondazione

Dalla verifica dell'armatura di fondazione, ipotizzata pari $1\Phi 16/20$ superiore e $1\Phi 16/20$ inferiore, svolta in corrispondenza dell'attacco tra la zattera esterna e il paramento verticale, risulta:

- | | |
|---|---|
| - <u>SLU</u> | - <u>SLV1-SLV2</u> |
| - $M_d = 64 + 50 \times 0.4 = 84 \text{ kNm/m}$ | - $M_d = 56 + 41 \times 0.4 = 72 \text{ kNm/m}$ |
| - $M_r = 295 \text{ kNm}$ | - $M_r = 295 \text{ kNm}$ |
| - $\gamma_s = 295/84 = 3.51 > 1$ | - $\gamma_s = 295/72 = 4.09 > 1$ |

Si riporta di seguito il dettaglio della verifica più gravosa:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro H=3.43m (sez.3) - Fondazione

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	80

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	6
2	10.05	74

Tipo Sezione
☒ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N Ed 0 0 kN
M xEd 0 0 kNm
M yEd 0 0

P.to applicazione N
☐ Centro ☒ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -
☐ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L0 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200 000 N/mm²	f_{cd}	18.81
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9.75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.6
		τ_{c1}	1.829

M xRd 295.1 kNm

σ_c -18.81 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

ϵ_c 3.5 ‰

ϵ_s 56.26 ‰

d 74 cm

x 4.334 x/d 0.05856

δ 0.7



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC


Data: Giugno 2020

Pag. 78 di 88

11.3.5 Carichi a intradosso fondazione

Si riporta di seguito il calcolo delle massime caratteristiche di sollecitazione nel baricentro della fondazione a quota intradosso:

PONTE AD ARCO			CARICHI A INTRADOSO FONDAZIONE - MURO H=3.43m								
LARGHEZZA FONDAZIONE			STATICA			SISMICA 1 (kh+Kv)			SISMICA 2 (Kh-Kv)		
B - Lunghezza fondazione	2.34	m	cond. di spinta attiva			cond. di spinta attiva+sismica			cond. di spinta attiva+sismica		
BARICENTRO FONDAZIONE			PESO PROPRIO MURO			PESO PROPRIO MURO			PESO PROPRIO MURO		
X _G - Distanza dal filo più interno	1.17	m	Nd	29.2	KN/m	Nd	29.2	KN/m	Nd	29.2	KN/m
			X _N	0.41	m	X _N	0.41	m	X _N	0.41	m
			Md	-22.2	KNxm/m	Md	-22.2	KNxm/m	Md	-22.2	KNxm/m
CARATTERISTICHE SEZIONE IMPRONTA			PESO FONDAZIONE			PESO FONDAZIONE			PESO FONDAZIONE		
A - Area	2.34	m ² /m	Nd	46.8	KN/m	Nd	46.8	KN/m	Nd	46.8	KN/m
W - Modulo di resistenza	0.91	m ³ /m	TERRENO A TERGO (attiva)			TERRENO A TERGO (attiva)			TERRENO A TERGO (attiva)		
			Nd	16.5	KN/m	Nd	16.5	KN/m	Nd	16.5	KN/m
			X _N	0.12	m	X _N	0.12	m	X _N	0.12	m
			Vd	43.7	KN/m	Vd	43.7	KN/m	Vd	43.7	KN/m
			Md	44.4	KNxm/m	Md	44.4	KNxm/m	Md	44.4	KNxm/m
			SOVRACCARICO A TERGO (attiva)			SOVRACCARICO A TERGO (attiva)			SOVRACCARICO A TERGO (attiva)		
			Nd	2.4	KN/m	Nd	0.5	KN/m	Nd	0.5	KN/m
			X _N	0.12	m	X _N	0.12	m	X _N	0.12	m
			Vd	10.3	KN/m	Vd	2.1	KN/m	Vd	2.1	KN/m
			Md	19.3	KN/m	Md	3.9	KN/m	Md	3.9	KN/m
			CARICHI TESTA MURO			CARICHI TESTA MURO			CARICHI TESTA MURO		
			Nd	0.0	KN/m	Nd	0.0	KN/m	Nd	0.0	KN/m
			X _N	0.41	m	X _N	0.41	m	X _N	0.41	m
			Vd	0.0	KN/m	Vd	0.0	KN/m	Vd	0.0	KN/m
			Md	0.0	KN/m	Md	0.0	KN/m	Md	0.0	KN/m
			SOLLECITAZIONI TOTALI SLU			INCREMENTO SPINTA SISMICA			INCREMENTO SPINTA SISMICA		
			Nd	124	KN/m	Vd	5.2	KN/m	Vd	5.5	KN/m
			Vd	72	KN/m	Md	11.1	KNxm/m	Md	11.7	KNxm/m
			Md	58	KNxm/m						
			SOLLECITAZIONI TOTALI SLE			FORZA D'INERZIA SUL MURO			FORZA D'INERZIA SUL MURO		
			Nd	95	KN/m	Nd	1.9	KN/m	Nd	-1.9	KN/m
			Vd	54	KN/m	Vd	3.8	KN/m	Vd	3.7	KN/m
			Md	42	KNxm/m	Md	4.1	KNxm/m	Md	3.9	KNxm/m
						FORZA D'INERZIA SUL TERRENO			FORZA D'INERZIA SUL TERRENO		
						Nd	0.4	KN/m	Nd	-0.4	KN/m
						Vd	5.5	KN/m	Vd	5.3	KN/m
						Md	15.0	KNxm/m	Md	15.1	KNxm/m
						FORZA D'INERZIA SOVRACCARICO			FORZA D'INERZIA SOVRACCARICO		
						Nd	0.0	KN/m	Nd	0.0	KN/m
						Vd	0.2	KN/m	Vd	0.2	KN/m
						Md	1.0	KNxm/m	Md	1.0	KNxm/m
						SOLLECITAZIONI TOTALI SLV1			SOLLECITAZIONI TOTALI SLV2		
						Nd	95	KN/m	Nd	91	KN/m
						Vd	61	KN/m	Vd	60	KN/m
						Md	57	KNxm/m	Md	58	KNxm/m

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 79 di 88
---	---	---

11.3.6 Verifica a compressione dei micropali

Si riportano di seguito le verifiche dei micropali $\Phi 240$, armati con tubolare 177.8x10 in acciaio S355 di lunghezza 8.00m tale da ammorsare nel sottostrato roccioso per 4m.


VERIFICA A COMPRESSIONE DEI MICROPALI			
Dalla verifica dei micropali più sollecitati risulta:			
Numero pali	n		2
Modulo palificata per la ripartizione dei carichi	W		1.44 m
Interasse trasversale pali	I trasv.		1.6 m
VERIFICA SLU			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		124 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		58 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (Nd/n + Md/W) \times I \text{ trasv}$		163.34 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = Nrd/N_{max}$		1.95 > 1.00
VERIFICA SLV1			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		95 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		57 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (Nd/n + Md/W) \times I \text{ trasv}$		139.80 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = Nrd/N_{max}$		2.28 > 1.00
VERIFICA SLV2			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		91 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		58 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (Nd/n + Md/W) \times I \text{ trasv}$		136.63 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = Nrd/N_{max}$		2.34 > 1.00

Le verifiche risultano soddisfatte.

11.3.7 Verifica a trazione dei micropali

Le verifiche a trazione dei micropali non sono necessarie in quanto il carico minimo sui micropali risulta sempre di compressione:

$N_{min} (SLU) = (Nd/n - Md/W) \times I \text{ trasv}$	34.65 kN
$N_{min} (SLV1) =$	12.51 kN
$N_{min} (SLV2)$	8.34 kN

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 80 di 88</p>
---	--	--

11.3.8 Verifica a carico limite orizzontale dei micropali

VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE			
Dalla verifica risulta:			
Numero pali	n		2
Interasse trasversale pali	l trasv.		1.6 m
Carico limite orizzontale di progetto	H lim d		65.88 kN
VERIFICA SLU			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLU)		49.96 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n)x l trasv		39.97 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		1.65 > 1.00
VERIFICA SLV1			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLV1)		41.18 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n)x l trasv		32.95 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.00 > 1.00
VERIFICA SLV2			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLV2)		41.02 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n)x l trasv		32.82 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.01 > 1.00



Ferrovie Appulo Lucane

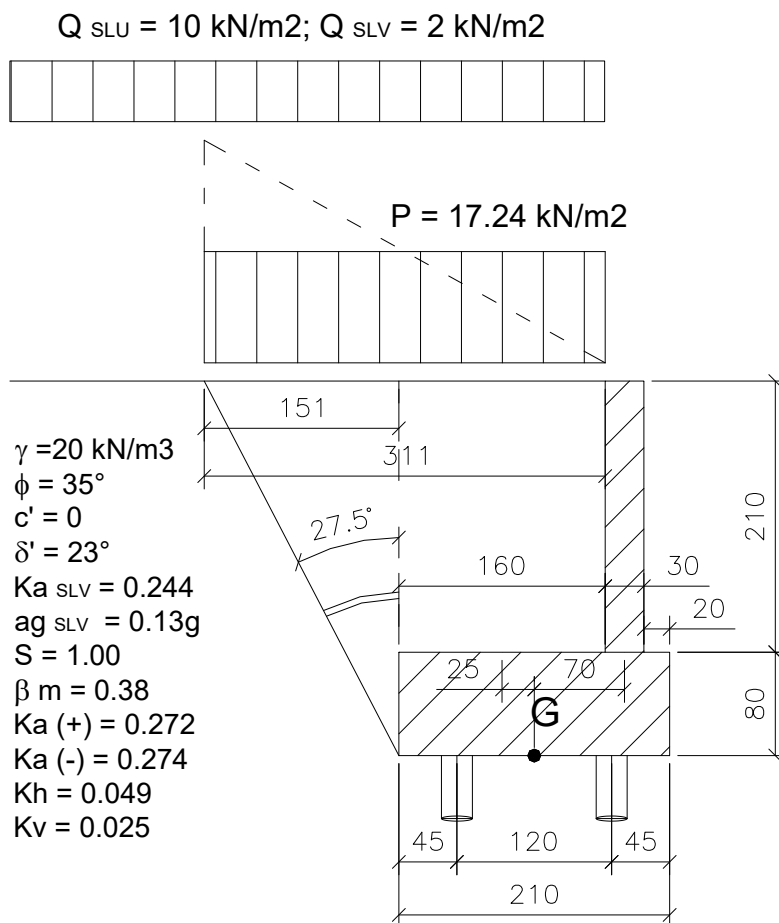
RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO
Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC
Data: Giugno 2020
Pag. 81 di 88

11.4 SEZIONE 4 - H = 2.10m

Si riporta di seguito lo schema di calcolo utilizzato per l'analisi della sezione 4 rappresentativa del tratto terminale del muro di altezza pari a 2.10m:





Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 82 di 88

11.4.1 Caratteristiche di sollecitazione allo spiccato

Si riporta di seguito il calcolo delle caratteristiche di sollecitazione massime sul muro, che si verificano in corrispondenza della sezione di spiccato:

PONTE AD ARCO			SOLLECITAZIONI ALLO SPICCATO - MURO H=2.1m								
GEOMETRIA			STATICA			SISMICA 1 (Kh+Kv)			SISMICA 2 (Kh-Kv)		
Spessore medio del muro	0.30	m	cond. di spinta attiva			cond. di spinta attiva+sismica			cond. di spinta attiva+sismica		
Altezza muro	2.10	m									
Altezza fondazione	0.80	m	PESO PROPRIO			PESO PROPRIO			PESO PROPRIO		
Lunghezza mensola interna	1.60	m	Nd	15.8	KN/m	Nd	15.8	KN/m	Nd	15.8	KN/m
Lunghezza mensola esterna	0.20	m									
Lunghezza totale fondazione	2.10	m	TERRENO A TERGO (attiva)			TERRENO A TERGO (attiva)			TERRENO A TERGO (attiva)		
			Vd	10.8	KN/m	Vd	10.8	KN/m	Vd	10.8	KN/m
			Md	7.5	KNxm/m	Md	7.5	KNxm/m	Md	7.5	KNxm/m
PARAMETRI SISMICI			SOVRACCARICO A TERGO (attiva)			SOVRACCARICO A TERGO (attiva)			SOVRACCARICO A TERGO (attiva)		
Accelerazione ag (SLV)	0.130	g	Vd	14.0	KN/m	Vd	6.2	KN/m	Vd	6.2	KN/m
Coefficiente di sottosuolo S	1.000		Md	14.7	KN/m	Md	6.5	KN/m	Md	6.5	KN/m
Coefficiente di riduzione βm	0.38										
Coefficiente sismico orizzontale	0.049										
Coefficiente sismico verticale (±)	0.025										
TERRENO			CARICHI TESTA MURO			CARICHI TESTA MURO			CARICHI TESTA MURO		
Peso di volume	20.00	KN/m3	Nd	0.0	KN/m	Nd	0.0	KN/m	Nd	0.0	KN/m
Angolo di attrito del terreno	35.00	°	Vd	0.0	KN/m	Vd	0.0	KN/m	Vd	0.0	KN/m
Coesione	0.00	KN/m2	Md	0.0	KN/m	Md	0.0	KN/m	Md	0.0	KN/m
Angolo d'attrito terra - muro	23.00	°	SOLLECITAZIONI TOTALI SLU			INCREMENTO SPINTA SISMICA			INCREMENTO SPINTA SISMICA		
Coefficiente di spinta attiva Ka	0.244		Nd	20	KN/m	Vd	1.9	KN/m	Vd	2.0	KN/m
Coefficiente di spinta sismica Ks (+)	0.272		Vd	35	KN/m	Md	2.0	KNxm/m	Md	2.1	KNxm/m
Coefficiente di spinta sismica Ks (-)	0.274		Md	32	KNxm/m						
Lunghezza cuneo di spinta	1.51	m	SOLLECITAZIONI TOTALI SLE			FORZA D'INERZIA SUL MURO			FORZA D'INERZIA SUL MURO		
			Nd	16	KN/m	Nd	0.4	KN/m	Nd	-0.4	KN/m
			Vd	25	KN/m	Vd	0.8	KN/m	Vd	0.8	KN/m
			Md	22	KNxm/m	Md	0.8	KNxm/m	Md	0.8	KNxm/m
SOVRACCARICO ACCIDENTALE A TERGO						FORZA D'INERZIA SUL TERRENO			FORZA D'INERZIA SUL TERRENO		
Intensità carico	27.24	KN/m2				Vd	5.6	KN/m	Vd	5.3	KN/m
						Md	6.1	KNxm/m	Md	5.8	KNxm/m
CARICHI TESTA MURO						FORZA D'INERZIA SOVRACCARICO			FORZA D'INERZIA SOVRACCARICO		
Valore del carico Nd	0.0	KN/m				Vd	1.9	KN/m	Vd	1.8	KN/m
Valore del taglio Td	0.0	KN/m				Md	4.0	KNxm/m	Md	3.8	KNxm/m
Valore del momento Md	0.0	KN/m				SOLLECITAZIONI TOTALI SLV1			SOLLECITAZIONI TOTALI SLV2		
COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE						Nd	16	KN/m	Nd	16	KN/m
Peso proprio (muro - terreno)	1.30					Vd	27	KN/m	Vd	27	KN/m
Accidentale a tergo + carichi in testa	1.50					Md	27	KNxm/m	Md	27	KNxm/m
Partecipazione sism. Accidentale	44%										
TERRENO MOBILITATO DAL SISMA											
Volume terreno su zattera interna	3.36	m3									
Volume cuneo di spinta	2.19	m3									
Volume totale di terreno mobilitato	5.55	m3									



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC

Data: Giugno 2020

Pag. 83 di 88

11.4.2 Verifica a flessione del muro

Dalla verifica a pressoflessione della sezione di spiccato, nell'ipotesi di armare la zona tesa contro terra con $1\Phi 14/20$ e quella compressa con $1\Phi 14/20$ risulta:

- | | |
|--|--|
| - <u>SLU</u> | - <u>SLV1-SLV2</u> |
| - $N_d = 20 \text{ kN/m}$ | - $N_d = 16 \text{ kN/m}$ |
| - $M_d = 32 \text{ kNm/m}$ | - $M_d = 27 \text{ kNm/m}$ |
| - $M_r = 85 \text{ kNm/m}$ | - $M_r = 85 \text{ kNm/m}$ |
| - $\gamma_s = 85/32 = \mathbf{2.65 > 1}$ | - $\gamma_s = 85/27 = \mathbf{3.15 > 1}$ |

Si riporta di seguito il dettaglio della verifica più gravosa:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro H=2.10m (sez.4) - Parete

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7.7	6
2	7.7	24

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 20 0 kN
M_{Ed} 0 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
☐ Centro ☒ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali B450C C32/40

Proprietà	B450C	C32/40
ϵ_{su}	67.5 ‰	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	3.5 N/mm²
E_s	200 000 N/mm²	18.81 N/mm²
E_s/E_c	15	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	9.75 ‰
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	0.6
τ_{c1}		1.829


M_{xRd} 82.23 kN m

σ_c -18.81 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 17.78 ‰
d 24 cm
x 3.947 x/d 0.1645
 δ 0.7

Metodo di calcolo
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -
☒ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
☐ Precompresso

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 84 di 88</p>
---	--	--

11.4.3 Verifica a taglio del muro

La resistenza a taglio del paramento verticale risulta:

$$- \mathbf{V_r = V_r \min = (0.035 \times K^{3/2} \times f_{ck}^{1/2}) \times b \times d = 128 \text{ KN}}$$

dove:

- $b = 1000 \text{ mm}, d = 240 \text{ mm}, K = 1 + (200/d)^{1/2} = 1.913$
- $\rho_l = A_{sl}/(b \times d) = (5 \times 154)/(1000 \times 240) = 0.0032$
- $f_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2, \gamma_c = 1.5$

Il valore del taglio resistente appena calcolato risulta maggiore del seguente valore minimo:

$$- V_{rmin} > (0.18 \times K \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c) \times b \times d = 121 \text{ KN}$$

Dalla verifica a taglio risulta:

<ul style="list-style-type: none"> - <u>SLU</u> - $V_d = 35 \text{ kN/m}$ - $V_r = 128 \text{ kN/m}$ - $\gamma_s = 128/35 = \mathbf{3.66 > 1}$ 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>SLV1-SLV2</u> - $V_d = 27 \text{ kN/m}$ - $V_r = 128 \text{ kN/m}$ - $\gamma_s = 128/27 = \mathbf{4.74 > 1}$
--	--



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO
Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC
Data: Giugno 2020
Pag. 85 di 88

11.4.4 Verifica a flessione della fondazione

Dalla verifica dell'armatura di fondazione, ipotizzata pari $1\Phi 16/20$ superiore e $1\Phi 16/20$ inferiore, svolta in corrispondenza dell'attacco tra la zattera interna e il paramento verticale, risulta:

- | | |
|---|---|
| - <u>SLU</u> | - <u>SLV1-SLV2</u> |
| - $N_d = -35 \text{ kN/m}$ | - $N_d = -27 \text{ kN/m}$ |
| - $M_d = -32-35 \times 0.4 = -46 \text{ kNm/m}$ | - $M_d = -27-27 \times 0.4 = -38 \text{ kNm/m}$ |
| - $M_r = 282 \text{ kNm}$ | - $M_r = 285 \text{ kNm}$ |
| - $\gamma_s = 282/46 = \mathbf{6.13 > 1}$ | - $\gamma_s = 285/38 = \mathbf{7.50 > 1}$ |

Si riporta di seguito il dettaglio della verifica più gravosa:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro H=2.10m (sez.4) - Fondazione

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	80

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	6
2	10.05	74

Tipo Sezione
☒ Rettang. re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N Ed -35 0 kN
M xEd 0 0 kNm
M yEd 0 0

P.to applicazione N
☐ Centro ☒ Baricentro cls
☐ Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
☐ S.L.U. + ☒ S.L.U. -
☐ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L0 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200 000 N/mm²	f_{cd}	18.81
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9.75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.6
		τ_{c1}	1.829

M xRd -282.9 kNm

σ_c -18.81 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 57.56 ‰
d 74 cm
x 4.242 x/d 0.05732
 δ 0.7



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo

DAR_3RS005A.DOC


Data: Giugno 2020

Pag. 86 di 88

11.4.5 Carichi a intradosso fondazione

Si riporta di seguito il calcolo delle massime caratteristiche di sollecitazione nel baricentro della fondazione a quota intradosso:

PONTE AD ARCO			CARICHI A INTRADOSO FONDAZIONE - MURO H=2.1m								
LARGHEZZA FONDAZIONE			STATICA			SISMICA 1 (kh+Kv)			SISMICA 2 (Kh-Kv)		
B - Lunghezza fondazione	2.10	m	cond. di spinta attiva			cond. di spinta attiva+sismica			cond. di spinta attiva+sismica		
BARICENTRO FONDAZIONE			PESO PROPRIO MURO			PESO PROPRIO MURO			PESO PROPRIO MURO		
X _G - Distanza dal filo più interno	1.05	m	Nd	15.8	KN/m	Nd	15.8	KN/m	Nd	15.8	KN/m
			X _N	1.75	m	X _N	1.75	m	X _N	1.75	m
			Md	11.0	KNxm/m	Md	11.0	KNxm/m	Md	11.0	KNxm/m
CARATTERISTICHE SEZIONE IMPRONTA			PESO FONDAZIONE			PESO FONDAZIONE			PESO FONDAZIONE		
A - Area	2.10	m ² /m	Nd	42.0	KN/m	Nd	42.0	KN/m	Nd	42.0	KN/m
W - Modulo di resistenza	0.74	m ³ /m	TERRENO A TERGO (attiva)			TERRENO A TERGO (attiva)			TERRENO A TERGO (attiva)		
			Nd	67.2	KN/m	Nd	67.2	KN/m	Nd	67.2	KN/m
			X _N	0.80	m	X _N	0.80	m	X _N	0.80	m
			Vd	20.6	KN/m	Vd	20.6	KN/m	Vd	20.6	KN/m
			Md	3.1	KNxm/m	Md	3.1	KNxm/m	Md	3.1	KNxm/m
			SOVRACCARICO A TERGO (attiva)			SOVRACCARICO A TERGO (attiva)			SOVRACCARICO A TERGO (attiva)		
			Nd	43.6	KN/m	Nd	19.2	KN/m	Nd	19.2	KN/m
			X _N	0.80	m	X _N	0.80	m	X _N	0.80	m
			Vd	19.3	KN/m	Vd	8.5	KN/m	Vd	8.5	KN/m
			Md	17.1	KN/m	Md	7.5	KN/m	Md	7.5	KN/m
			CARICHI TESTA MURO			CARICHI TESTA MURO			CARICHI TESTA MURO		
			Nd	0.0	KN/m	Nd	0.0	KN/m	Nd	0.0	KN/m
			X _N	1.75	m	X _N	1.75	m	X _N	1.75	m
			Vd	0.0	KN/m	Vd	0.0	KN/m	Vd	0.0	KN/m
			Md	0.0	KN/m	Md	0.0	KN/m	Md	0.0	KN/m
			SOLLECITAZIONI TOTALI SLU			INCREMENTO SPINTA SISMICA			INCREMENTO SPINTA SISMICA		
			Nd	228	KN/m	Vd	3.3	KN/m	Vd	3.5	KN/m
			Vd	56	KN/m	Md	4.8	KNxm/m	Md	5.1	KNxm/m
			Md	44	KNxm/m						
			SOLLECITAZIONI TOTALI SLE			FORZA D'INERZIA SUL MURO			FORZA D'INERZIA SUL MURO		
			Nd	169	KN/m	Nd	1.4	KN/m	Nd	-1.4	KN/m
			Vd	40	KN/m	Vd	2.9	KN/m	Vd	2.8	KN/m
			Md	31	KNxm/m	Md	2.6	KNxm/m	Md	2.5	KNxm/m
						FORZA D'INERZIA SUL TERRENO			FORZA D'INERZIA SUL TERRENO		
						Nd	1.7	KN/m	Nd	-1.7	KN/m
						Vd	5.6	KN/m	Vd	5.3	KN/m
						Md	10.2	KNxm/m	Md	10.5	KNxm/m
						FORZA D'INERZIA SOVRACCARICO			FORZA D'INERZIA SOVRACCARICO		
						Nd	0.5	KN/m	Nd	-0.5	KN/m
						Vd	1.9	KN/m	Vd	1.8	KN/m
						Md	5.4	KNxm/m	Md	5.3	KNxm/m
						SOLLECITAZIONI TOTALI SLV1			SOLLECITAZIONI TOTALI SLV2		
						Nd	148	KN/m	Nd	141	KN/m
						Vd	43	KN/m	Vd	42	KN/m
						Md	45	KNxm/m	Md	45	KNxm/m

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo	DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 87 di 88
---	---	---

11.4.6 Verifica a compressione dei micropali

Si riportano di seguito le verifiche dei micropali $\Phi 240$, armati con tubolare 177.8x10 in acciaio S355 di lunghezza 8.00m tale da ammorsare nel sottostrato roccioso per 4m.


VERIFICA A COMPRESSIONE DEI MICROPALI			
Dalla verifica dei micropali più sollecitati risulta:			
Numero pali	n		2
Modulo palificata per la ripartizione dei carichi	W		1.2 m
Interasse trasversale pali	I trasv.		1.8 m
VERIFICA SLU			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		228 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		44 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (Nd/n + Md/W) \times I \text{ trasv}$		271.00 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = Nrd/N_{max}$		1.18 > 1.00
VERIFICA SLV1			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		148 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		45 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (Nd/n + Md/W) \times I \text{ trasv}$		199.74 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = Nrd/N_{max}$		1.60 > 1.00
VERIFICA SLV2			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		141 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		45 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (Nd/n + Md/W) \times I \text{ trasv}$		193.99 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = Nrd/N_{max}$		1.65 > 1.00

Le verifiche risultano soddisfatte.

11.4.7 Verifica a trazione dei micropali

Le verifiche a trazione dei micropali non sono necessarie in quanto il carico minimo sui micropali risulta sempre di compressione:

$N_{min} (SLU) = (Nd/n - Md/W) \times I \text{ trasv}$	139.06 kN
$N_{min} (SLV1) =$	66.09 kN
$N_{min} (SLV2)$	59.03 kN

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Ponte Progr. 19+810.43 - Relazione di calcolo</p>	<p>DAR_3RS005A.DOC Data: Giugno 2020 Pag. 88 di 88</p>
---	--	--

11.4.8 Verifica a carico limite orizzontale dei micropali

VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE			
Dalla verifica risulta:			
Numero pali	n		2
Interasse trasversale pali	l trasv.		1.8 m
Carico limite orizzontale di progetto	H lim d		65.88 kN
VERIFICA SLU			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLU)		34.99 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n)x l trasv		31.49 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.09 > 1.00
VERIFICA SLV1			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLV1)		27.17 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n)x l trasv		24.45 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.69 > 1.00
VERIFICA SLV2			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLV2)		26.87 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n)x l trasv		24.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.72 > 1.00