

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA
PROGETTAZIONE:

Ing. L. LACOPO

Responsabile integrazione fra le varie
prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO

Relazione geotecnica e strutturale fondazioni su pozzo (pile P3 e P4)
VI20 – VIADOTTO dal km 40+983 al km 41+213: Viadotto Calore Torrecuso

APPALTATORE IL DIRETTORE TECNICO Ing. M. FERRONI	SCALA: -
--	-----------------

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

I F 2 R 3 2 E Z Z R B V I 2 0 0 0 0 0 2 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	C. Pinti	23/06/21	G. Coppa	24/06/21	L. Bruzzone	24/06/21	IL PROGETTISTA F. DI IULLO 05/11/21
B	REVISIONE A SEGUITO RDV	C. Pinti	29/10/21	G. Coppa	30/10/21	L. Bruzzone	30/10/21	
C	REVISIONE	C. Pinti	05/11/21	G. Coppa	05/11/21	L. Bruzzone	05/11/21	

File: IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002-C.doc

n. Elab.:

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.							
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX		COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 2 di 46

1	PREMESSA.....	4
2	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	10
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	11
4.1	CALCESTRUZZO	11
4.1.1	Strutture di elevazione	11
4.1.2	Plinto di fondazione.....	11
4.1.3	Diaframmi di fondazione	12
4.2	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE.....	13
4.3	COPRIFERRI MINIMI	13
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA ED ASPETTI IDRAULICI	14
6	PARAMETRI SISMICI	15
7	SCARICHI IN FONDAZIONE	16
8	CRITERI DI CALCOLO DELLE FONDAZIONI A POZZO.....	17
8.1	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	17
8.1.1	Capacità portante limite orizzontale.....	17
8.1.2	Capacità portante limite verticale.....	19
8.2	VERIFICHE STRUTTURALI.....	21
8.2.1	Sollecitazioni flettenti.....	21
8.2.2	Sollecitazioni taglianti	22
9	VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE LIMITE ORIZZONTALE	24
9.1	DIREZIONE LONGITUDINALE.....	25
9.2	DIREZIONE TRASVERSALE	33

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: <u> </u> Mandante: <u> </u> SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 3 di 46

9.3	VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE LIMITE VERTICALE	40
10	VERIFICHE SEZIONI IN C.A.....	41
11	VERIFICA NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITI IDRAULICI	45
11.1	VERIFICA DEL TAMPONE DI FONDO IN JET-GROUTING	45
12	INDICE DELLE FIGURE	46

APPALTATORE:  Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 4 di 46

1 **PREMESSA**

La presente relazione afferisce ai calcoli e alle verifiche strutturali delle fondazioni delle pile P3-P4 del Viadotto Calore Torrecuso_VI20, nell'ambito della redazione dei documenti tecnici relativi alla progettazione esecutiva dell'itinerario della linea ferroviaria Napoli-Bari, tratta Canello - Benevento - II° Lotto Funzionale Frasso Telesino-Vitulano - 3° Lotto funzionale San Lorenzo-Vitulano.

Le strutture sono state progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, "Norme Tecniche per le Costruzioni"- DM 14.1.2008 e Circolare n .617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni".

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX		IF2R	3.2.E.ZZ	RB	VI.20.0.0.002	C	5 di 46

2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La tipologia di pila in esame prevede una sezione pseudorettangolare cava pluriconnessa, variabile lungo l'altezza, con larghezza, in corrispondenza della sezione di spiccato, pari a 5.50m in direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto, e pari a 4.50m in corrispondenza della sezione di intradosso pulvino, e lunghezza di 13.20m in direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto, costante lungo l'altezza; i setti esterni perimetrali presentano uno spessore di 0.80m; quelli centrali prevedono uno spessore pari a 0.60m (Geometria tipo B*).

Il pulvino presenta una sezione pseudorettangolare piena delle medesime dimensioni esterne previste in corrispondenza della sezione del fusto ad intradosso pulvino e spessore costante, pari a 2.00m.

Geometria fusto pila		Proprietà geometriche					
Sigla	Descrizione	A	s	I _y	I _z	B _T	B _L
		Sezione fusto	Spessore pulvino	Inerzia dir. trasversale	Inerzia dir. longitudinale	Lunghezza pila	Larghezza pila
[-]	[-]	[m ²]	[m]	[mm ⁴]	[mm ⁴]	[m]	[m]
B*	Cava pluriconnessa 5,5x13,2	30.19	2.00	4.9521E+14	1.2025E+14	13.2	5.5

Il sistema di fondazione previsto è del tipo indiretto, con plinti di spessore pari a 2.5m e dimensioni in pianta 14x19.4m, su diaframmi, per le caratteristiche dei quali si faccia riferimento alla relazione di calcolo dedicata (Pilinto tipo F4).

Tipologia sistema di fondazione		Geometria plinto			Pali	
Sigla	Descrizione	B _L	B _T	s	n	φ
		Dimensione in pianta in direz. parallela all'asse del viadotto	Dimensione in pianta in direz. trasversale rispetto all'asse del viadotto	Spessore	Numero pali	diametro
[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[mm]
F4	14x19.4x2.5	14	19.4	2.5	-	-

La tipologia di impalcati afferenti il gruppo di pile in esame è individuata nel prospetto di seguito:

Coppia impalcati afferenti					
Sigla	Impalcato lato fisso pila			Impalcato lato mobile pila	
[-]	Luce [m]	Tipo [-]		Luce [m]	Tipo [-]
12	45	Acciaio-clc		65	Acciaio-clc
16	65	Acciaio-clc		45	Acciaio-clc

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: <u> </u> Mandante: <u> </u> SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 6 di 46
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX							

Nelle Figure riportate di seguito si forniscono le immagini delle carpenterie della tipologia di pile in esame. Si rimanda agli elaborati grafici per l'ottenimento di dettagli ulteriori.

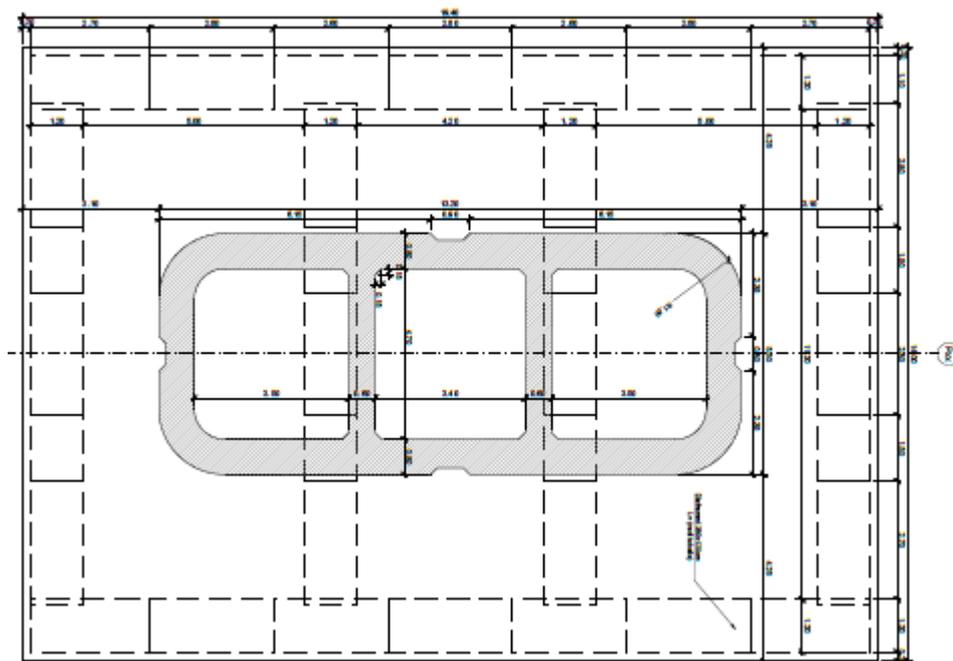


Figura 1: Vista in pianta pile P3-P4

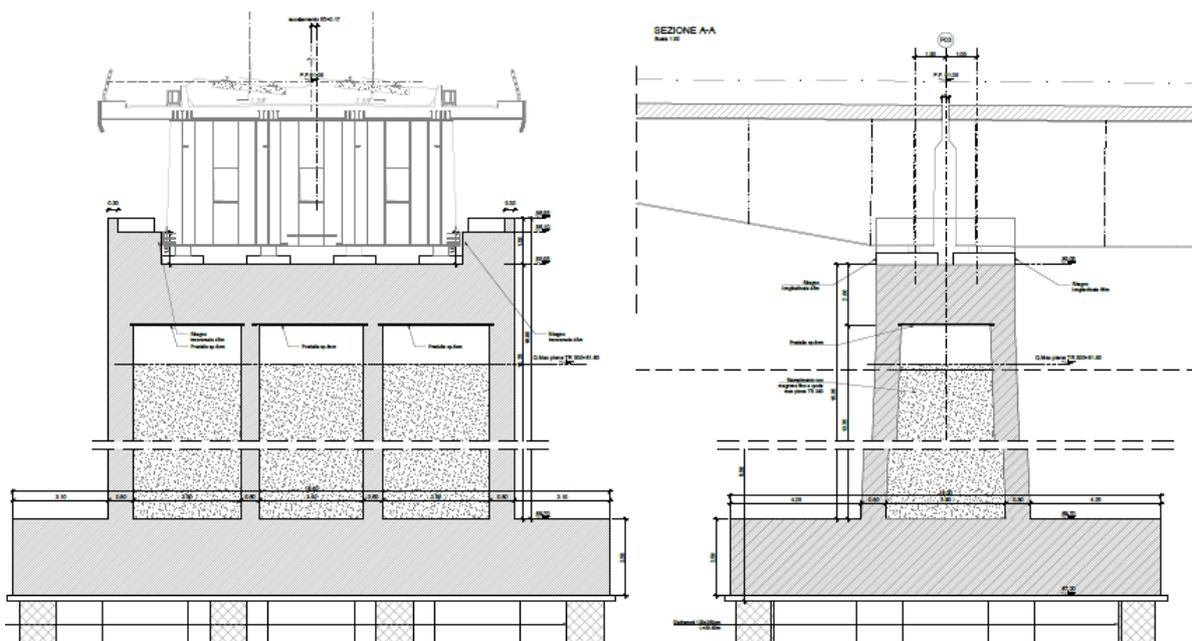


Figura 2: Sezione in direzione trasversale e longitudinale rispetto all'asse del viadotto pile P3

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX		IF2R	3.2.E.ZZ	RB	VI.20.0.0.002	C	7 di 46

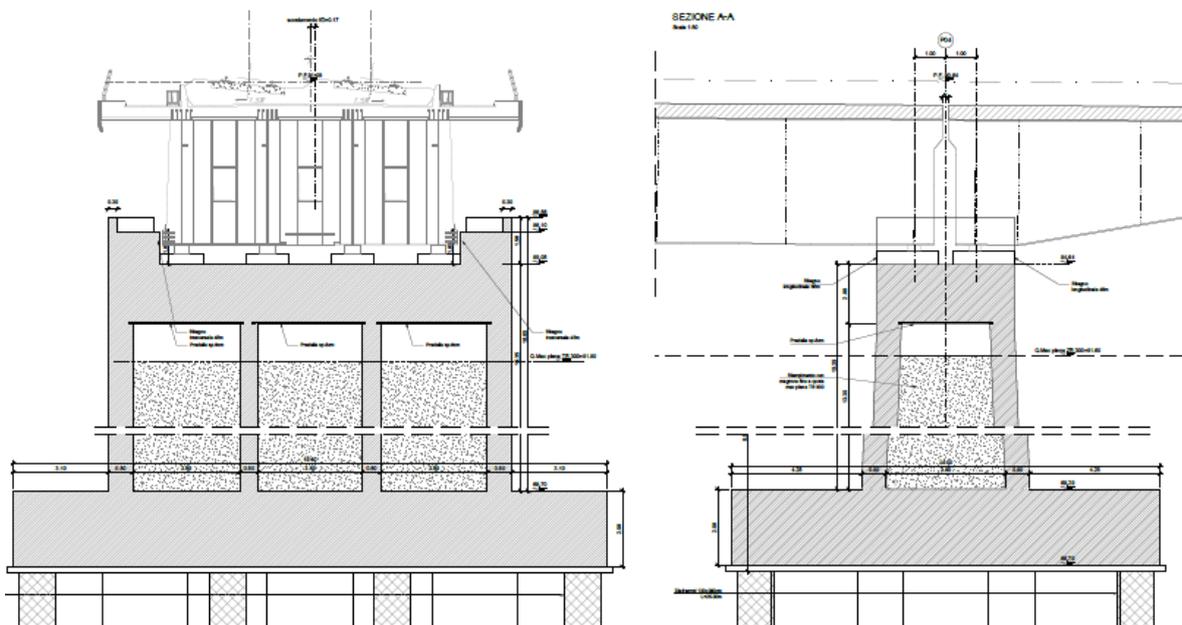


Figura 3: Sezione in direzione trasversale e longitudinale rispetto all'asse del viadotto pila P4

Di seguito si fornisce l'elenco delle pile dei tipi in esame relativamente al viadotto in oggetto.

Sigla WBS - VI	Numero pila	Sigla geometria pila	Sigla coppia impalcati per pila	Altezza pila tot. (fusto+pulvino) m	Sigla plinto relativo	Diametro pali mm	PK
20	3	Bx	12	15.35	F4	-	41+087.51
20	4	Bx	16	15.35	F4	-	41+152.44

Nei paragrafi successivi, le verifiche geotecniche esibite sono quelle relative alla pila caratterizzata dall'altezza massima e dalle condizioni di carico più gravose tra quelle in esame, evidenziata in grassetto nel prospetto riportato sopra.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX		IF2R	3.2.E.ZZ	RB	VI.20.0.0.002	C	8 di 46

La tipologia di pila in esame prevede una sezione pseudorettangolare cava pluriiconnessa, con larghezza pari a 5.10m in direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto e lunghezza di 13.20m in direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto; i setti esterni presentano uno spessore di 0.80m; quello centrale prevede uno spessore pari a 0.60m (Geometria tipo B).

Geometria fusto pila		Proprietà geometriche					
Sigla	Descrizione	A	s	I _y	I _z	B _T	B _L
		Sezione fusto	Spessore pulvino	Inerzia dir. trasversale	Inerzia dir. longitudinale	Lunghezza pila	Larghezza pila
[-]	[-]	[m ²]	[m]	[mm ⁴]	[mm ⁴]	[m]	[m]
B	Cava pluriconnessa 5,1x13,2	29.08	2	4.8664E+14	9.9074E+13	13.2	5.1

Il sistema di fondazione previsto è del tipo indiretto, con plinti su pozzo di sezione rettangolare 14 m x 19.4 m realizzato mediante pannelli di diaframmi di spessore 1.20 m e lunghezza 30.0 m.

Nelle Figure riportate di seguito si forniscono le immagini delle carpenterie della tipologia di pila in esame. Si rimanda agli elaborati grafici per l'ottenimento di dettagli ulteriori.

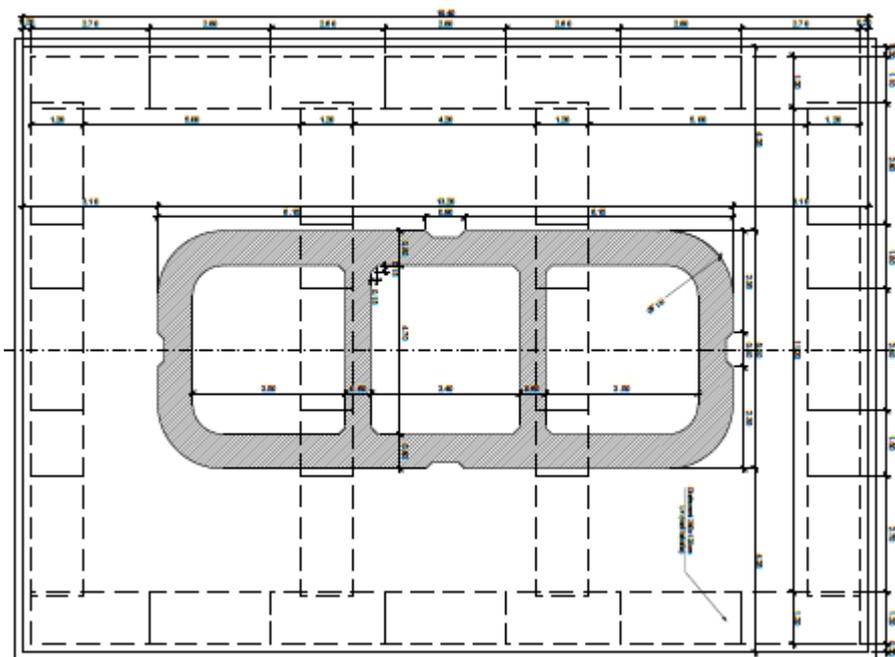


Figura 4: Vista in pianta P3-P4

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 9 di 46
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX							

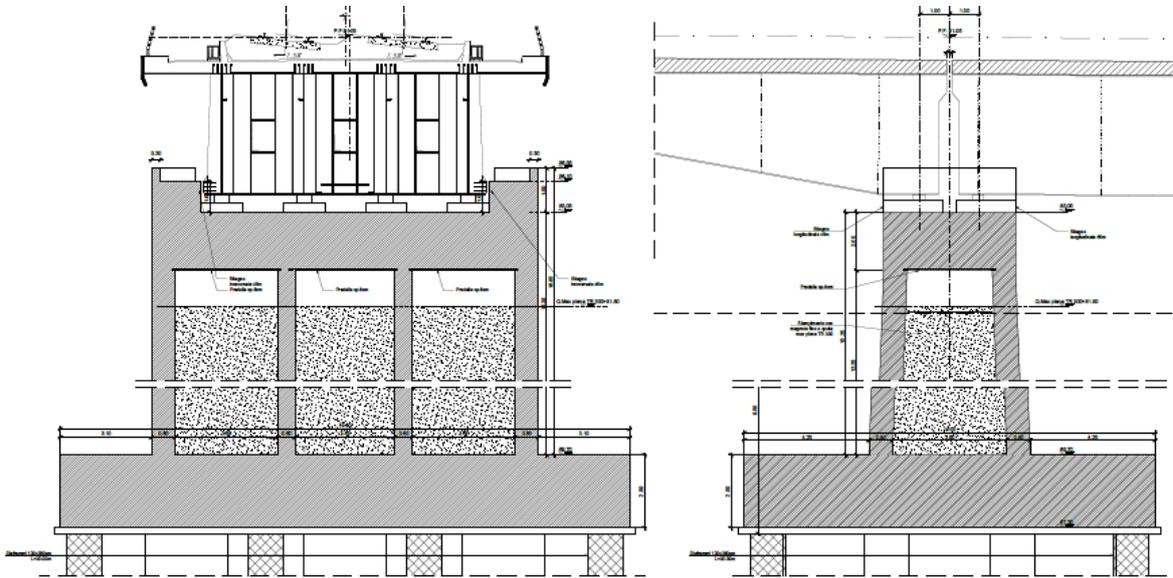


Figura 5: Sezione in direzione trasversale e longitudinale rispetto all'asse del viadotto P3

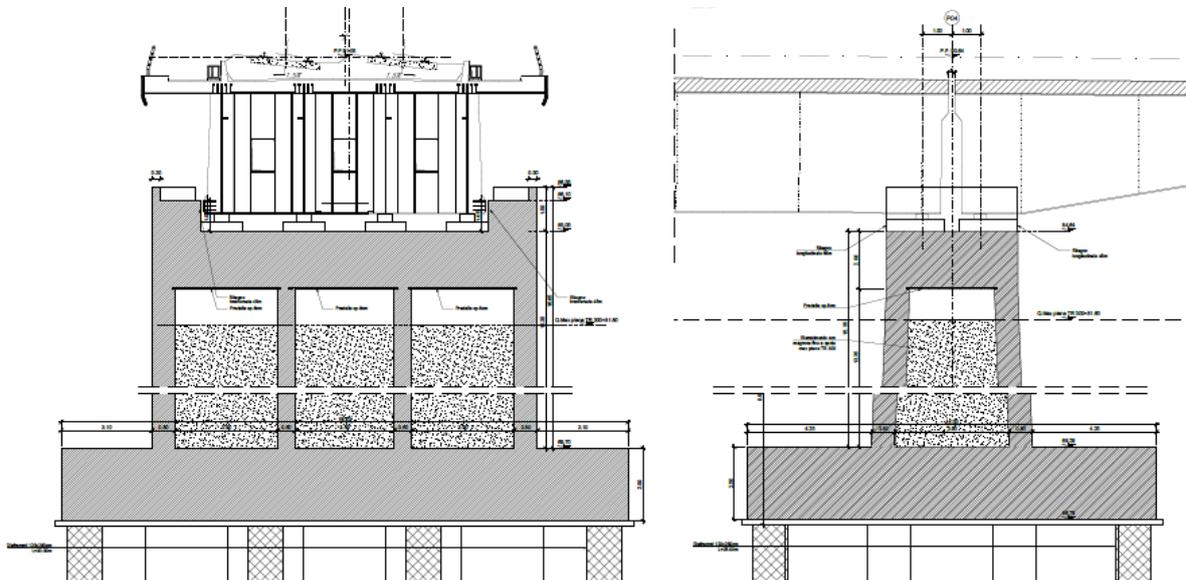


Figura 6: Sezione in direzione trasversale e longitudinale rispetto all'asse del viadotto P4

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.							
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX		COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 10 di 46

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

L'analisi dell'opera e le verifiche degli elementi strutturali sono state condotte in accordo con le vigenti disposizioni legislative e in particolare con le seguenti norme e circolari:

- Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare M.LL.PP. n. 617 del 2 febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale del 14/01/2008".

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:

- UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi variabili.
- UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1992-2 – Gennaio 2006: Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi.
- UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI-EN 1998-1 – Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Legge 5-1-1971 n° 1086: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica".
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64.: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- RFI DTC SI MA IFS 001 A – Dicembre 2016: Manuale di progettazione delle opere civili.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 11 di 46

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali impiegati, ricavate con riferimento alle indicazioni contenute D.M.14 gennaio 2008. Le classi di esposizione dei calcestruzzi sono coerenti con la UNI EN 206-1-2001.

4.1 CALCESTRUZZO

4.1.1 Strutture di elevazione

Per il getto in opera del fusto della pila si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC4

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

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

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33.20	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41.20	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22.13	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18.81	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	3.10	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk,0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2.17	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3.72	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk,0,05} / 1.5$	1.45	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm ²

4.1.2 Plinto di fondazione

Per il getto in opera del plinto di fondazione della pila si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC2

C28/35 $f_{ck} \geq 28$ MPa $R_{ck} \geq 35$ MPa

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

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 12 di 46

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	35	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	29.05	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	37.05	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	19.37	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	16.46	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	2.83	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1.98	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3.40	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1.32	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	32588	N/mm ²

4.1.3 Diaframmi di fondazione

Per il getto in opera dei diaframmi di fondazione della pila si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC2

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

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

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	30	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	24.90	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32.90	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	16.60	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	14.11	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	2.56	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1.79	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3.07	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1.19	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	31447	N/mm ²

APPALTATORE:	 Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO			
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.					
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 13 di 46

4.2 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

Classe acciaio per armature ordinarie	B450C
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450$ MPa
Tensione caratteristica di rottura	$f_t \geq 540$ MPa
Modulo di elasticità	$E_a = 210000$ MPa

4.3 COPRIFERRI MINIMI

Si riportano di seguito i copriferri minimi per le strutture in calcestruzzo armato:

Strutture di elevazione	4.0 cm
Plinto di fondazione	4.0 cm
Diaframmi di fondazione	6.0 cm

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 14 di 46

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA ED ASPETTI IDRAULICI

Nella tabella seguente è riportato un quadro di sintesi dei parametri geotecnici relativi alle formazioni, in cui ricadono le fondazioni delle pile in esame.

Unità	z	γ	c'	φ	C_u	$E_{ope}=E_0/5$
(-)	(m)	(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(kPa)	(Mpa)
ba2	0.0-3.0	19	0	31	-	40
bc2	3.0-5.0	19	0	32	-	50
ALVa	5.0-25.0	20	15	25	275	100
ALVa	25.0-30.0	20	15	25	300	100
ALVa	30.0-40.0	20	15	25	350	100

La falda si pone cautelativamente a piano campagna.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	IF2R	3.2.E.ZZ	RB	VI.20.0.0.002	C	15 di 46

6 PARAMETRI SISMICI

In accordo con quanto riportato nella relazione geotecnica i parametri di riferimento sono riassunti nella tabella seguente.

	Accelerazione di riferimento ag/g	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	Vita Nominale	Classe d'uso	Accelerazione massima attesa al sito amax/g
VI20	0.367	C	T1	100	III	0.434

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 16 di 46

7 SCARICHI IN FONDAZIONE

Si riportano di seguito le azioni ad intradosso plinto delle pile ottenute dall'analisi strutturale complessiva del viadotto.

VIADOTTO 20 - PILE P3-P4					
Combinazioni di carico	SOLLECITAZIONI INTRADOSSO PLINTO				
	N	Ht	HI	Mt	MI
-	kN	kN	kN	kNm	kNm
SLU-Gr.1(N)	-171879	5050	5179	122985	81034
SLU-Gr.3(N)	-171865	3576	6629	86066	108237
SLU-Gr.1(P)	-173929	4407	6103	111212	98822
SLU-Gr.3(P)	-173915	3255	8477	82439	143081
SLU-Gr.1-1SW/2	-166539	2934	5378	88698	87044
SLU-Gr.3-1SW/2	-166548	2519	7027	78385	117718
SLU-Gr.1-MaxML(P)	-166492	3368	6103	83975	127216
SLU-Gr.3-MaxML(P)	-166510	2735	8477	67875	171482
SLU-Gr.1(N)-Gk=1.00	-123769	5050	4711	122985	74675
SLU-Gr.3(N)-Gk=1.00	-123755	3576	6161	86066	101879
SLU-Gr.1(P)-Gk=1.00	-125819	4407	5635	111212	92464
SLU-Gr.3(P)-Gk=1.00	-125805	3255	8010	82439	136722
SLU-Gr.1-1SW/2-Gk=1.00	-118429	2934	4910	88698	80685
SLU-Gr.3-1SW/2-Gk=1.00	-118438	2519	6560	78385	111359
SLU-Gr.1-MaxML(P)-Gk=1.00	-118382	3368	6103	83975	124947
SLU-Gr.3-MaxML(P)-Gk=1.00	-118400	2735	8477	67875	169214
SLV-EL+0.3ET	-114332	15200	56932	181582	730556
SLV-0.3EL+ET	-117429	50666	18374	609475	236596
SLE-C-Gr.1(N)	-119172	3434	3641	83688	57173
SLE-C-Gr.3(N)	-119163	2418	4641	58226	75934
SLE-C-Gr.1(P)	-120586	2991	4279	75568	69440
SLE-C-Gr.3(P)	-120577	2197	5916	55724	99963
SLE-C-Gr.1-1SW/2	-115490	1975	3779	60041	61317
SLE-C-Gr.3-1SW/2	-115496	1689	4916	52929	82472
SLE-C-Gr.1-MaxML (P)	-115457	2274	4279	56784	89190
SLE-C-Gr.3-MaxML (P)	-115470	1838	5916	45680	119719

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 17 di 46

8 CRITERI DI CALCOLO DELLE FONDAZIONI A POZZO

8.1 VERIFICHE GEOTECNICHE

8.1.1 Capacità portante limite orizzontale

La verifica del pozzo di fondazione è stata condotta attraverso il metodo presentato da M. Jamiolkowski (1968). Tale metodo presuppone che la fondazione sia infinitamente rigida e che quindi, a seguito dell'applicazione dei carichi esterni, la struttura subisca una semplice rotazione attorno ad un punto posto al di sotto della superficie del terreno in prossimità della base, senza subire inflessioni. Tale condizione risulta verificata qualora sia rispettato il criterio proposto da Silin e Zavrijev (1962), secondo i quali la fondazione può essere considerata infinitamente rigida se:

$$\alpha = \sqrt[3]{\frac{k_h B}{E J}} \leq \frac{2.5}{h}$$

dove:

- B è il lato minore parallelo alla forza;
- k_h è il coefficiente di reazione orizzontale del terreno;
- E è il modulo di elasticità della struttura;
- J è il momento di inerzia del pozzo;
- h è l'altezza del pozzo di fondazione.

Il dimensionamento della fondazione avviene sulla base delle seguenti grandezze, calcolate applicando le condizioni di equilibrio orizzontale e alla rotazione rispetto ad un punto O posto sull'asse del pozzo:

- rotazione del pozzo e spostamenti lungo il fusto (ω , o);
- pressioni orizzontali agenti sul terreno lungo il fusto ($\sigma_h(z)$);
- pressioni verticali massime e minime agenti alla base del pozzo ($\sigma_{z,max}$ e $\sigma_{z,min}$);
- sollecitazioni agenti lungo il fusto del pozzo (sforzo normale N, taglio V, momento M).

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 18 di 46
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX						

Figura 7– Schematizzazione del pozzo di fondazione.

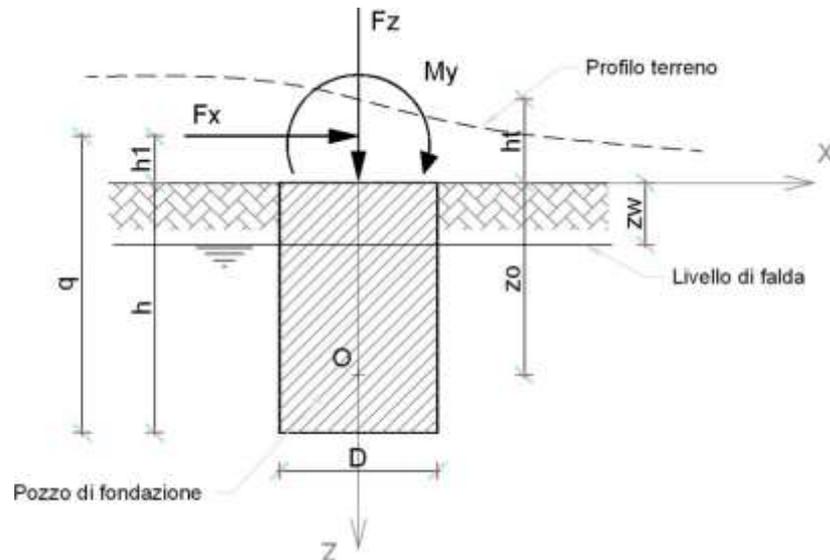


Figura 8– Schematizzazione del pozzo di fondazione.

Le verifiche geotecniche risultano soddisfatte qualora il terreno offra adeguata resistenza nei confronti delle pressioni esercitate dalla struttura sul terreno.

Le pressioni orizzontali agenti sul pozzo di fondazione vengono determinate sulla base della seguente formulazione:

$$\sigma_h = (z_0 - z) \cdot \text{tg}\omega \cdot k_y \cdot \frac{z}{h}$$

in cui:

- z_0 = profondità del centro di rotazione rispetto alla testa del pozzo;
- h = altezza del pozzo di fondazione;
- z = generica profondità rispetto alla testa del pozzo;
- k_y = coefficiente di reazione orizzontale alla profondità h rispetto alla sommità del pozzo.

Le pressioni vengono quindi confrontate con le pressioni limite del terreno lungo il fusto del pozzo ($\sigma_h(z)_{lim}$), valutate in termini di tensioni efficaci secondo le espressioni di M. Jamiolkowski (1968):

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 19 di 46

$$\sigma_h(z)_{lim} = k_p \cdot \sigma'_v(z) + 2 \cdot c'(k_p)^{0,5} \quad (\text{tensioni efficaci})$$

$$\sigma_h(z)_{lim} = \sigma_v(z) + 2 \cdot c_u \quad (\text{tensioni totali})$$

Affinché si possa pervenire ad uno SLU geotecnico per capacità resistente del terreno che circonda il pozzo di fondazione occorre che il terreno a contatto giunga a plasticizzazione su tutta la lunghezza sulla quale agisce la spinta esercitata dal pozzo. La verifica pertanto non sarà puntuale, ma sarà effettuata confrontando la risultante delle forze orizzontali con la risultante delle resistenze offerte dal terreno.

Nel dettaglio, la verifica viene pertanto condotta secondo il seguente procedimento:

- Calcolo della distribuzione delle pressioni agenti sul terreno;
- Noto il punto di rotazione del pozzo viene determinata la risultante delle pressioni orizzontali lungo il pozzo al di sopra e al di sotto del punto di rotazione;
- Calcolo delle pressioni limite del terreno lungo il fusto del pozzo;
- Viene determinata la resistenza offerta dal terreno $S_{resistente}$ integrando le pressioni limite lungo il fusto del palo rispettivamente sull'altezza di pozzo al di sopra del punto di rotazione e al di sotto di tale punto;
- Se per entrambe le altezze $S_{resistente} > S_{agente}$ la verifica risulta soddisfatta.

Le analisi sono svolte separatamente per le due direzioni, longitudinale e trasversale.

8.1.2 Capacità portante limite verticale

In accordo alle BS 8004:2015, par. 6.7.2.2.6-7, la resistenza limite del blocco è così calcolata:

- Terreni coesivi

$$R_{block} = (c_{u,s,calc} \times A_s \times S_{blocco}) + (N_c \times c_{u,b,calc} \times A_b),$$

- Terreni incoerenti

$$R_{block} = (k_0 \times \sigma'_v \times \tan(\varphi_k) \times A_s \times S_{block}) + (N_q \times \sigma'_{v,b} \times A_b),$$

dove:

$c_{u,s,calc}$ = coesione non drenata di calcolo media sulla superficie laterale del blocco ottenuta partendo dai valori caratteristici dei singoli strati;

$c_{u,b,calc}$ = coesione non drenata di calcolo alla base del blocco assunta pari al valore caratteristico dell'unità stratigrafica presente alla base del blocco;

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 20 di 46

- k_0 = coefficiente di spinta a riposo = $1 - \sin \varphi$;
- σ'_v = pressione verticale media sulla superficie laterale del blocco;
- $\sigma'_{v,b}$ = pressione verticale alla base del blocco;
- A_s = superficie laterale del blocco;
- A_b = area di base del blocco in accordo alle BS 8004:2015;
- s_{block} = fattore di forma del blocco assunto pari a 1.0;
- $N_c = (\pi + 2)$, fattore di capacità portante terreni coesivi (BS 8004:2015);
- $N_c = (N_q - 1) \times \cot \varphi$, $N_q = e^{\pi \tan \varphi} \tan^2(45 + \varphi / 2)$ fattore di capacità portante terreni incoerenti

In aggiunta alla determinazione di cui sopra si valuta prudenzialmente la capacità portante limite nell'ipotesi di considerare come area di base non quella del blocco ma la somma delle aree di base dei pali.

La resistenza di calcolo del blocco $R_{block,c,d}$ si ottiene a partire dal valore caratteristico R_k applicando i coefficienti parziali previsti per i pali trivellati e riportati nella Tabella 6.4. II delle NTC 2008.

Tabella 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale (*)	γ_t	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

Inoltre il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ sarà ottenuto applicando alle resistenze calcolate $R_{c,cal}$ i fattori di correzione (ξ) riportati nella Tabella 6.4.IV delle NTC 2008 in funzione del numero di verticali d'indagine. Nel caso specifico con $\xi_3 = 1.70$
Infine si applica il coefficiente di resistenza per la capacità portante delle fondazioni superficiali $\gamma_{R,fond.sup}$ pari a 2.3.

Si riassume di seguito la formulazione per la resistenza di calcolo del blocco:

$$R_{block,c,k} = \frac{R_{block,calc}}{\xi_3}$$

$$R_{block,c,d} = \frac{1}{\gamma_{R,fond.sup}} \cdot \frac{R_{block,k}}{\gamma_{R,pali} \{ \gamma_b, \gamma_s \}}$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 21 di 46

8.2 VERIFICHE STRUTTURALI

Le sollecitazioni agenti lungo il fusto del pozzo sono determinate con il metodo di Jamiolkowski (1968), in cui le sollecitazioni in termini di sforzo normale, taglio e momento polare vengono espresse mediante le seguenti relazioni:

$$N = N_t + A_b \cdot \gamma_{cls}$$

$$V = H \cdot l \left(1 - \frac{L \cdot z^2}{R \cdot H_p} \right) \cdot (3 \cdot z_0 - 2 \cdot z)$$

$$M = H \cdot [h_1 + z \cdot \left(1 - \frac{L \cdot z^2}{R \cdot H_p} \right) \cdot (2 \cdot z_0 - z)]$$

dove:

- N_t è lo sforzo normale totale agente in testa pozzo;
- H è l'azione tagliante in testa pozzo;
- A_b è l'area della sezione del pozzo;
- γ_{cls} è il peso specifico del calcestruzzo;
- H_p è l'altezza del pozzo;
- z è la profondità della sezione di calcolo rispetto alla testa del pozzo;
- z_0 è la profondità del centro di rotazione del pozzo rispetto alla testa;
- L è il lato perpendicolare alla forza;
- h_1 è la quota di applicazione delle azioni taglianti H rispetto alla testa del pozzo.

Calcolate le sollecitazioni agenti M e V lungo il fusto del pozzo e suddivise linearmente tra i diaframmi, sono eseguite le verifiche strutturali a pressoflessione e taglio dei diaframmi.

8.2.1 Sollecitazioni flettenti

La verifica di resistenza (SLU) è stata condotta attraverso il calcolo dei domini di interazione N-M, ovvero il luogo dei punti rappresentativi di sollecitazioni che portano in crisi la sezione di verifica secondo i criteri di resistenza da normativa.

Nel calcolo dei domini sono state mantenute le consuete ipotesi, tra cui:

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 22 di 46

- conservazione delle sezioni piane;
- legame costitutivo del calcestruzzo parabolo-rettangolo non reagente a trazione, con plateau ad una deformazione pari a 0.002 e a rottura pari a 0.0035 ($\sigma_{max} = 0.85 \times 0.83 \times R_{ck} / 1.5$);
- legame costitutivo dell'armatura d'acciaio elastico-perfettamente plastico con deformazione limite di rottura a 0.01 ($\sigma_{max} = f_{yk} / 1.15$)

8.2.2 Sollecitazioni taglianti

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi sprovvisti di specifica armatura è stata calcolata sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo.

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

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

con:

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

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

e dove:

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

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

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

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione θ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2.5$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con:

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

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 23 di 46

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

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" è stata calcolata con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" è stata calcolata con:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

In cui:

- d è l'altezza utile della sezione;
- b_w è la larghezza minima della sezione;
- σ_{cp} è la tensione media di compressione della sezione;
- A_{sw} è l'area dell'armatura trasversale;
- S è interasse tra due armature trasversali consecutive;
- θ è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;
- f'_{cd} è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd}=0.5f_{cd}$);
- α è un coefficiente maggiorativo, pari ad 1 per membrature non compresse.

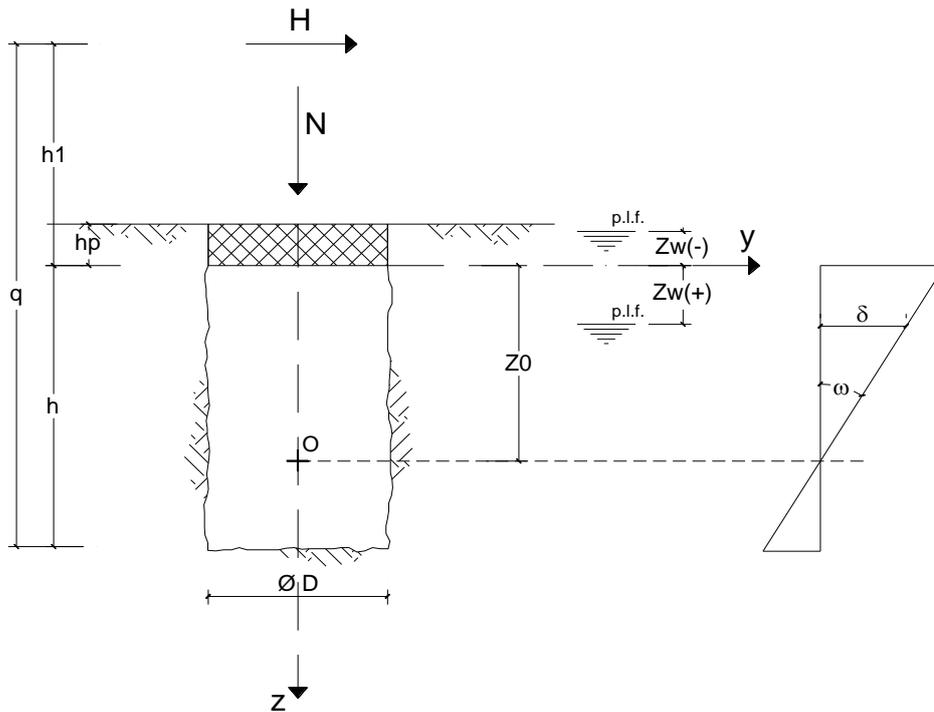
APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO											
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.							<table border="1"> <tr> <td data-bbox="772 351 906 414"> COMMESSA IF2R </td> <td data-bbox="906 351 1002 414"> LOTTO 3.2.E.ZZ </td> <td data-bbox="1002 351 1136 414"> CODIFICA RB </td> <td data-bbox="1136 351 1289 414"> DOCUMENTO VI.20.0.0.002 </td> <td data-bbox="1289 351 1366 414"> REV. C </td> <td data-bbox="1366 351 1503 414"> FOGLIO 24 di 46 </td> </tr> </table>					
COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 24 di 46							

9 VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE LIMITE ORIZZONTALE

Le condizioni più gravose si manifestano nella combinazione sismica. Si riporta di seguito la verifica per la direzione longitudinale e trasversale.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX		IF2R	3.2.E.ZZ	RB	VI.20.0.0.002	C	25 di 46

9.1 DIREZIONE LONGITUDINALE



TRATTAZIONE TEORICA

Formule utilizzate nei calcoli:

$$z_0 = (\beta L h^2 (4q - h) + 6WB) / (2\beta L h (3q - h))$$

$$\beta = k_h / k_v$$

$$\operatorname{tg} \omega = 6H / R m_h h$$

$$R = (\beta L h^3 + 18BW) / (2\beta (3q - h))$$

$$\sigma_h(z) = (6H / Rh) z (z_0 - z)$$

$$(\sigma_h(z))_{\max} \text{ per } z = z_0/2$$

$$\sigma_{z_{\max}(\min)} = Nt / A \pm (3BH) / (\beta R)$$

$$M(z) = H (h_1 + z (1 - ((Lz^2)/(2Rh))(2z_0 - z)))$$

$$\delta_h = (z_0 - z) * \operatorname{tg} \omega$$

Verifica della condizione di fondazione infinitamente rigida:

$$2,5 / h > ((m_h * B) / (Ep * I))^{1/5}$$

(Silin e Zavrjev)

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 26 di 46

DATI DI INPUT:

Caratteristiche geometriche del pozzo

L = lato maggiore \perp forza =	19.40	(m)
B = lato minore // forza =	14.00	(m)
hp = spessore del plinto di fondazione =	2.50	(m)
h = profondità del pozzo di fondazione =	30.00	(m)
A _b = Area di base =	271.60	(m ²)
I = Momento di inerzia (LB ³ /12) =	4436.13	(m ⁴)
Wp = Modulo di resistenza (LB ² /6) =	633.73	(m ³)
Ep = Modulo di elasticità del pozzo =	30000.00	(MPa)

coefficienti parziali

Metodo di calcolo			azioni		proprietà del terreno			resistenze
			permanenti	temporanee variabili	tan φ'	c'	c _u	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.80
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.80
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	2.30
	SISMA	⊙	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30
Tensioni Ammissibili			○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00
Definiti dal Progettista			○	1.10	1.10	1.10	1.10	3.00

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	IF2R	3.2.E.ZZ	RB	VI.20.0.0.002	C	27 di 46

Parametri geotecnici

Terreno al contorno del fusto

condizioni drenate non drenate

		Valori caratteristici	Valori di progetto
peso specifico del terreno	γ (kN/m ³)	19.50	19.50
coesione efficace	c' (kPa)	0.00	0.00
angolo di attrito interno del terreno	φ' (°)	26.00	26.00

Terreno di base

condizioni drenate non drenate

		Valori caratteristici	Valori di progetto
peso specifico del terreno	γ (kN/m ³)	20.00	20.00
coesione efficace	c' (kPa)	0.00	0.00
angolo di attrito interno del terreno	φ' (°)	25.00	25.00

profondità della falda

z_w = profondità della falda = 1.00 (m)

coefficienti di reazione

m_h = modulo di reazione orizzontale = 2000 (kN/m⁴)
 k_h = coefficiente di reazione orizzontale alla base = 60000.00 (kN/m³)
 k_v = coefficiente di reazione verticale = 120000.00 (kN/m³)
 β = rapporto tra le cost. di reazione = 0.50 (-)

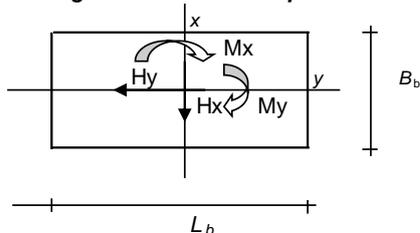
Verifica della condizione di fondazione infinitamente rigida

$2,5 / h > ((m_h * B) / (E_{pozzo} * J))^{1/5}$ (Silin e Zavrijev)
 $2,5 / h = 0.08$ (-)
 $((m_h * B) / (E_p * I))^{1/5} = 0.05$ (-)

condizione di fondazione infinitamente rigida verificata

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	IF2R	3.2.E.ZZ	RB	VI.20.0.0.002	C	28 di 46

Sollecitazioni massime agenti alla base della pila:



AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	114331.00		114331.00
Mx [kNm]			0.00
My [kNm]	730556.00		730556.00
Hx [kN]	56931.00		56931.00
Hy [kN]			0.00

Dimensioni in pianta del plinto di fondazione

$h_p = 2.50 \text{ (m)}$

$A_p = 271.60 \text{ (m)}$

$P_{plinto} = 16975.00 \text{ (kN)}$

Sollecitazioni massime agenti alla testa del pozzo:

$N_t = N + P_{plinto} = 131306.00 \text{ (kN)}$

$H_t = (H_x^2 + H_y^2)^{0.5} = 56931.00 \text{ (kN)}$

$M_t = (M_{xx}^2 + M_{yy}^2)^{0.5} = 744291.06 \text{ (kNm)}$

dove:

$M_{xx} = M_x + H_y \cdot h_p$

$M_{yy} = M_y + H_x \cdot h_p$

$e = M_t / N_t \text{ (eccentricità)} = 5.67 \text{ (m) (riferita alla testa del pozzo)}$

$h_1 \text{ (quota di applicazione } H_t) = 13.07 \text{ (m)}$
($h_1 = M_t / H_t$)

$q \text{ (somma di } h \text{ e di } h_1) = 43.07 \text{ (m)}$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 29 di 46

Profondità del centro di rotazione del pozzo

$$z_0 = (\beta L h^2 (4q-h) + 6WB) / (2 \beta L h (3q-h))$$

$$\beta = k_h / k_v$$

$$z_0 = 22.43 \quad (\text{m})$$

Rotazione del pozzo

$$R = (\beta L h^3 + 18BW) / (2 \beta (3q - h))$$

$$R = 4249.12 \quad (-)$$

$$\text{tg } \omega = 6H / R k_h h$$

$$\omega = \text{arctg}(6H / R m_h h)$$

$$\omega = 0.00134 \quad (\text{rad})$$

$$\omega = 0.0768 \quad (^\circ)$$

Profondità alla quale si verifica la massima pressione orizzontale

$$\sigma_h (z)_{\text{max}}$$

$$z = z_0 / 2$$

$$z = 11.22 \quad (\text{m})$$

$$\sigma_h (z)_{\text{max}} = 337.15 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Raggio di Nocciolo della sezione del pozzo

$$r = B/6$$

$$r = 2.33 \quad (\text{m})$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 30 di 46

Sollecitazioni lungo il fusto del pozzo

Pressioni laterali

$$\sigma_h(z)_{lim} = kp \cdot \sigma'_v(z) + 2 \cdot c'(kp)^{0.5} \quad (\text{tensioni efficaci})$$

$$\sigma_h(z)_{lim} = \sigma_v(z) + 2 \cdot cu \quad (\text{tensioni totali})$$

$$kp = (1 + \sin\phi) / (1 - \sin\phi) = 2.56$$

Caratteristiche di sollecitazione

$$N = Nt + A_b \cdot \gamma_{cls}$$

$$M = H \cdot ((h_1 + z(1 - (Lz^2 / (2Rh))) \cdot (2z_0 - z)))$$

$$T = H \cdot (1 - (Lz^2 / (Rh))) \cdot (3z_0 - 2z)$$

$$\sigma_h(z) = ((6H) / (Rh)) \cdot z(z_0 - z)$$

$$\delta_h = (z_0 - z) \cdot \text{tg } \omega$$

z	N	M	T	e	$\sigma_h(z)$	$\sigma_v(z)$	$\sigma_h(z)_{lim}$	δ_h
(m)	(kN)	(kNm)	(kN)	(m)	(kN/m ²)	(kN/m ²)	(kN/m ²)	(cm)
0	131306.00	744291.06	56931.00	F.N.	0.00	48.75	124.85	3.01
1.00	138096.00	801032.02	56365.22	F.N.	57.43	68.25	174.79	2.87
2.00	144886.00	856667.42	54737.19	F.N.	109.51	77.75	199.12	2.74
3.00	151676.00	910186.97	52150.87	F.N.	156.23	87.25	223.45	2.60
4.00	158466.00	960684.39	48710.25	F.N.	197.58	96.75	247.78	2.47
5.00	165256.00	1007357.36	44519.29	F.N.	233.58	106.25	272.11	2.34
6.00	172046.00	1049507.52	39681.97	F.N.	264.22	115.75	296.44	2.20
7.00	178836.00	1086540.49	34302.24	F.N.	289.50	125.25	320.77	2.07
8.00	185626.00	1117965.86	28484.09	F.N.	309.42	134.75	345.10	1.93
9.00	192416.00	1143397.19	22331.49	F.N.	323.98	144.25	369.43	1.80
10.00	199206.00	1162552.02	15948.40	F.N.	333.18	153.75	393.76	1.67
11.00	205996.00	1175251.83	9438.80	F.N.	337.02	163.25	418.09	1.53
12.00	212786.00	1181422.10	2906.66	F.N.	335.50	172.75	442.42	1.40
13.00	219576.00	1181092.29	-3544.06	F.N.	328.63	182.25	466.76	1.26
14.00	226366.00	1174395.79	-9809.37	F.N.	316.39	191.75	491.09	1.13
15.00	233156.00	1161569.99	-15785.32	F.N.	298.79	201.25	515.42	1.00
16.00	239946.00	1142956.26	-21367.93	F.N.	275.84	210.75	539.75	0.86
17.00	246736.00	1118999.91	-26453.22	F.N.	247.52	220.25	564.08	0.73
18.00	253526.00	1090250.24	-30937.23	F.N.	213.85	229.75	588.41	0.59
19.00	260316.00	1057360.53	-34715.99	F.N.	174.82	239.25	612.74	0.46
20.00	267106.00	1021088.00	-37685.53	F.N.	130.43	248.75	637.07	0.33
21.00	273896.00	982293.87	-39741.87	F.N.	80.67	258.25	661.40	0.19
22.00	280686.00	941943.31	-40781.05	F.N.	25.56	267.75	685.73	0.06
23.00	287476.00	901105.49	-40699.08	F.N.	-34.91	277.25	710.06	-0.08
24.00	294266.00	860953.51	-39392.02	F.N.	-100.74	286.75	734.39	-0.21
25.00	301056.00	822764.48	-36755.87	F.N.	-171.92	296.25	758.72	-0.34
25.00	301056.00	822764.48	-36755.87	F.N.	-171.92	296.25	758.72	-0.34
26.00	307846.00	787919.45	-32686.68	F.N.	-248.47	305.75	783.05	-0.48
27.00	314636.00	757903.47	-27080.46	F.N.	-330.38	315.25	807.38	-0.61
28.00	321426.00	734305.52	-19833.26	2.28	-417.65	324.75	831.71	-0.75
29.00	328216.00	718818.60	-10841.10	2.19	-510.27	334.25	856.04	-0.88
30.00	335006.00	713239.64	0.00	2.13	-608.26	343.75	880.37	-1.01

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 31 di 46

$$N_b = 335006.00 \quad (\text{kN})$$

$$M_b = 713239.64 \quad (\text{kNm})$$

Sottospinta idrostatica alla base del pozzo

$$N_w = 78764.00 \quad (\text{kN})$$

Pressioni verticali alla base del pozzo

$$\sigma_{zmax} = (N_b - N_w) / A_b + (3BH) / (\beta R)$$

$$\sigma_{zmin} = (N_b - N_w) / A_b - (3BH) / (\beta R)$$

$$\sigma_{zmax} = 2068.91 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$\sigma_{zmin} = -182.00 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Valori Massimi delle caratteristiche di sollecitazione

$$N_{max} = 335006.00 \quad (\text{kN}) \quad zN_{max} = 30.00 \quad (\text{m})$$

$$M_{max} = 1181422.10 \quad (\text{kNm}) \quad zM_{max} = 12.00 \quad (\text{m})$$

$$T_{max} = 56931.00 \quad (\text{kN}) \quad zT_{max} = 0.00 \quad (\text{m})$$

APPALTATORE:

TELESE S.c.a r.l.

Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO

PROGETTAZIONE:

Mandatario:

Mandante:

SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.

PROGETTO ESECUTIVO

Realzione fondazioni Pile 3 e 4
IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX

COMMESSA
IF2R

LOTTO
3.2.E.ZZ

CODIFICA
RB

DOCUMENTO
VI.20.0.0.002

REV.
C

FOGLIO
32 di 46

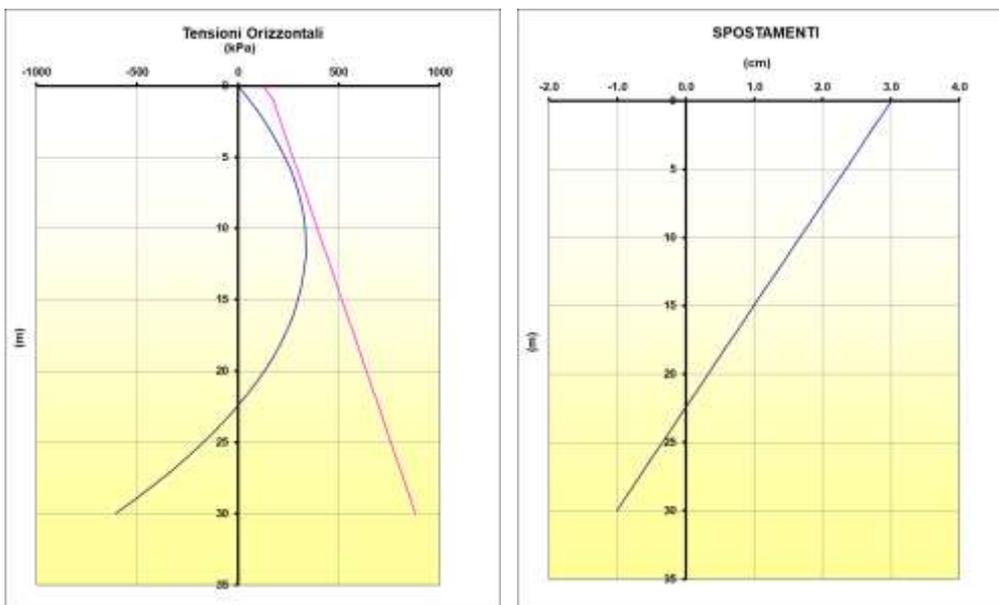


Figura 9 Diagramma delle tensioni orizzontali degli spostamenti orizzontali

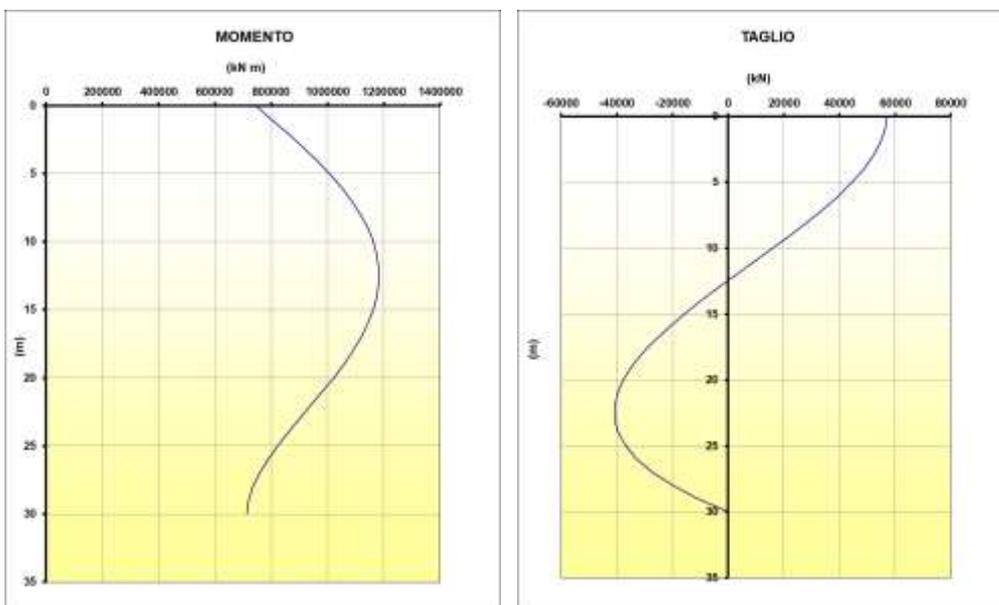


Figura 10 Diagramma delle sollecitazioni flettenti e taglianti

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	IF2R	3.2.E.ZZ	RB	VI.20.0.0.002	C	33 di 46

9.2 DIREZIONE TRASVERSALE

DATI DI INPUT:

Caratteristiche geometriche del pozzo

L = lato maggiore \perp forza =	14.00	(m)
B = lato minore // forza =	19.40	(m)
hp = spessore del plinto di fondazione =	2.50	(m)
h = profondità del pozzo di fondazione =	30.00	(m)
A _b = Area di base =	271.60	(m ²)
I = Momento di inerzia (LB ³ /12) =	8518.28	(m ⁴)
Wp = Modulo di resistenza (LB ² /6) =	878.17	(m ³)
Ep = Modulo di elasticità del pozzo =	30000.00	(MPa)

coefficienti parziali

Metodo di calcolo			azioni		proprietà del terreno			resistenze
			permanenti	temporanee variabili	tan φ'	c'	c _u	qlim
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.80
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.80
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	2.30
	SISMA	⊙	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30
Tensioni Ammissibili		○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00
Definiti dal Progettista		○	1.10	1.10	1.10	1.10	1.00	3.00

Parametri geotecnici

Terreno al contorno del fusto

condizioni	⊙	drenate	○	non drenate
------------	---	---------	---	-------------

			Valori caratteristici	Valori di progetto
peso specifico del terreno	γ	(kN/m ³)	19.50	19.50
coesione efficace	c'	(kPa)	0.00	0.00
angolo di attrito interno del terreno	φ'	(°)	26.00	26.00

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 34 di 46

Terreno di base

condizioni drenate non drenate

		Valori caratteristici	Valori di progetto
peso specifico del terreno	γ (kN/m ³)	20.00	20.00
coesione efficace	c' (kPa)	0.00	0.00
angolo di attrito interno del terreno	φ' (°)	25.00	25.00

profondità della falda

z_w = profondità della falda = 1.00 (m)

coefficienti di reazione

m_h = modulo di reazione orizzontale = 2000 (kN/m⁴)
 k_h = coefficiente di reazione orizzontale alla base = 60000.00 (kN/m³)
 k_v = coefficiente di reazione verticale = 120000.00 (kN/m³)
 β = rapporto tra le cost. di reazione = 0.50 (-)

Verifica della condizione di fondazione infinitamente rigida

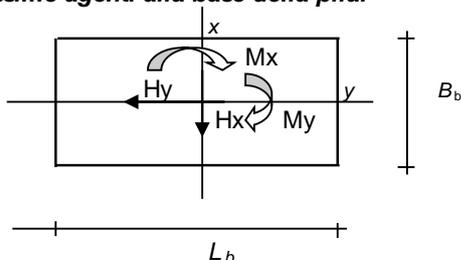
$2,5 / h > ((m_h * B) / (E_p * J))^{1/5}$ (Silin e Zavrijev)

$2,5 / h = 0.08$ (-)

$((m_h * B) / (E_p * J))^{1/5} = 0.04$ (-)

condizione di fondazione infinitamente rigida verificata

Sollecitazioni massime agenti alla base della pila:



APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 35 di 46

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	117429.00		117429.00
Mx [kNm]			0.00
My [kNm]	609474.00		609474.00
Hx [kN]	50665.00		50665.00
Hy [kN]			0.00

Dimensioni in pianta del plinto di fondazione

$h_p = 2.50 \quad (m)$
 $A_p = 271.60 \quad (m)$
 $P_{plinto} = 16975.00 \quad (kN)$

Sollecitazioni massime agenti alla testa del pozzo:

$N_t = N + P_{plinto} = 134404.00 \quad (kN)$
 $H_t = (H_x^2 + H_y^2)^{0.5} = 50665.00 \quad (kN)$
 $M_t = (M_{xx}^2 + M_{yy}^2)^{0.5} = 622496.54 \quad (kNm)$

dove:

$$M_{xx} = M_x + H_y \cdot h_p$$

$$M_{yy} = M_y + H_x \cdot h_p$$

$$e = M_t / N_t \quad (\text{eccentricità}) = 4.63 \quad (m) \quad (\text{riferita alla testa del pozzo})$$

$$h_1 \quad (\text{quota di applicazione } H_t) = 12.29 \quad (m)$$

$$(h_1 = M_t / H_t)$$

$$q \quad (\text{somma di } h \text{ e di } h_1) = 42.29 \quad (m)$$

Profondità del centro di rotazione del pozzo

$$z_0 = (\beta L h^2 (4q-h) + 6WB) / (2\beta L h(3q-h)) \quad \beta = k_h / k_v$$

$$z_0 = 24.06 \quad (m)$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 36 di 46

Rotazione del pozzo

$$R = (\beta L h^3 + 18BW) / (2\beta(3q - h))$$

$$R = 5117.29 \quad (-)$$

$$tg \omega = 6H / Rk_h h$$

$$\omega = arctg(6H / Rm_h h)$$

$$\omega = 0.00099 \quad (\text{rad})$$

$$\omega = 0.0567 \quad (^\circ)$$

Profondità alla quale si verifica la massima pressione orizzontale

$\sigma_h(z)_{max}$

$$z = z_0/2$$

$$z = 12.03 \quad (\text{m})$$

$$\sigma_h(z)_{max} = 286.60 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Raggio di Nocciolo della sezione del pozzo

$$r = B/6$$

$$r = 3.23 \quad (\text{m})$$

Sollecitazioni lungo il fusto del pozzo

Pressioni laterali

$$\sigma_h(z)_{lim} = kp \cdot \sigma'_v(z) + 2 \cdot c' \cdot (kp)^{0.5} \quad (\text{tensioni efficaci})$$

$$\sigma_h(z)_{lim} = \sigma_v(z) + 2 \cdot cu \quad (\text{tensioni totali})$$

$$kp = (1 + \sin \phi) / (1 - \sin \phi) = 2.56$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	IF2R	3.2.E.ZZ	RB	VI.20.0.0.002	C	37 di 46

Caratteristiche di sollecitazione

$$N = Nt + A_b \cdot \gamma_{cls}$$

$$M = H \left((h_1 + z(1 - (Lz^2 / (2Rh))) * (2z_0 - z)) \right)$$

$$T = H \left(1 - (Lz^2 / (Rh)) * (3z_0 - 2z) \right)$$

$$\sigma_h(z) = ((6H)/(Rh))z(z_0 - z)$$

$$\delta_h = (z_0 - z) * \text{tg } \omega$$

z	N	M	T	e	$\sigma_h(z)$	$\sigma_v(z)$	$\sigma_h(z)_{lim}$	δ_h
(m)	(kN)	(kNm)	(kN)	(m)	(kN/m ²)	(kN/m ²)	(kN/m ²)	(cm)
0	134404.00	622496.54	50665.00	F.N.	0.00	48.75	124.85	2.38
1.00	141194.00	673052.68	50340.73	F.N.	45.66	68.25	174.79	2.28
2.00	147984.00	722974.13	49404.86	F.N.	87.37	77.75	199.12	2.18
3.00	154774.00	771677.03	47912.86	F.N.	125.11	87.25	223.45	2.09
4.00	161564.00	818632.95	45920.16	F.N.	158.90	96.75	247.78	1.99
5.00	168354.00	863368.92	43482.20	F.N.	188.72	106.25	272.11	1.89
6.00	175144.00	905467.41	40654.43	F.N.	214.59	115.75	296.44	1.79
7.00	181934.00	944566.33	37492.30	F.N.	236.49	125.25	320.77	1.69
8.00	188724.00	980359.03	34051.24	F.N.	254.43	134.75	345.10	1.59
9.00	195514.00	1012594.32	30386.71	F.N.	268.41	144.25	369.43	1.49
10.00	202304.00	1041076.44	26554.15	F.N.	278.44	153.75	393.76	1.39
11.00	209094.00	1065665.09	22608.99	F.N.	284.50	163.25	418.09	1.29
12.00	215884.00	1086275.38	18606.69	F.N.	286.60	172.75	442.42	1.19
13.00	222674.00	1102877.91	14602.69	F.N.	284.74	182.25	466.76	1.10
14.00	229464.00	1115498.68	10652.44	F.N.	278.92	191.75	491.09	1.00
15.00	236254.00	1124219.18	6811.37	F.N.	269.14	201.25	515.42	0.90
16.00	243044.00	1129176.31	3134.94	F.N.	255.40	210.75	539.75	0.80
17.00	249834.00	1130562.41	-321.42	F.N.	237.70	220.25	564.08	0.70
18.00	256624.00	1128625.30	-3502.26	F.N.	216.04	229.75	588.41	0.60
19.00	263414.00	1123668.22	-6352.13	F.N.	190.42	239.25	612.74	0.50
20.00	270204.00	1116049.84	-8815.60	F.N.	160.84	248.75	637.07	0.40
21.00	276994.00	1106184.31	-10837.21	F.N.	127.30	258.25	661.40	0.30
22.00	283784.00	1094541.20	-12361.52	F.N.	89.80	267.75	685.73	0.20
23.00	290574.00	1081645.52	-13333.09	F.N.	48.34	277.25	710.06	0.11
24.00	297364.00	1068077.74	-13696.47	F.N.	2.92	286.75	734.39	0.01
25.00	304154.00	1054473.78	-13396.23	F.N.	-46.47	296.25	758.72	-0.09
25.00	304154.00	1054473.78	-13396.23	F.N.	-46.47	296.25	758.72	-0.09
26.00	310944.00	1041524.98	-12376.91	F.N.	-99.81	305.75	783.05	-0.19
27.00	317734.00	1029978.13	-10583.07	F.N.	-157.11	315.25	807.38	-0.29
28.00	324524.00	1020635.49	-7959.27	3.15	-218.38	324.75	831.71	-0.39
29.00	331314.00	1014354.73	-4450.06	3.06	-283.60	334.25	856.04	-0.49
30.00	338104.00	1012048.99	0.00	2.99	-352.78	343.75	880.37	-0.59

$$N_b = 338104.00 \quad (\text{kN})$$

$$M_b = 1012048.99 \quad (\text{kNm})$$

Sottospinta idrostatica alla base del pozzo

$$N_w = 78764.00 \quad (\text{kN})$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 38 di 46

Pressioni verticali alla base del pozzo

$$\sigma_{zmax} = (N_b - N_w) / A_b + (3BH) / (\beta R)$$

$$\sigma_{zmin} = (N_b - N_w) / A_b - (3BH) / (\beta R)$$

$$\sigma_{zmax} = 2107.31 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$\sigma_{zmin} = -197.59 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Valori Massimi delle caratteristiche di sollecitazione

$$N_{max} = 338104.00 \quad (\text{kN}) \qquad z_{Nmax} = 30.00 \quad (\text{m})$$

$$M_{max} = 1130562.41 \quad (\text{kNm}) \qquad z_{Mmax} = 17.00 \quad (\text{m})$$

$$T_{max} = 50665.00 \quad (\text{kN}) \qquad z_{Tmax} = 0.00 \quad (\text{m})$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 39 di 46
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX						

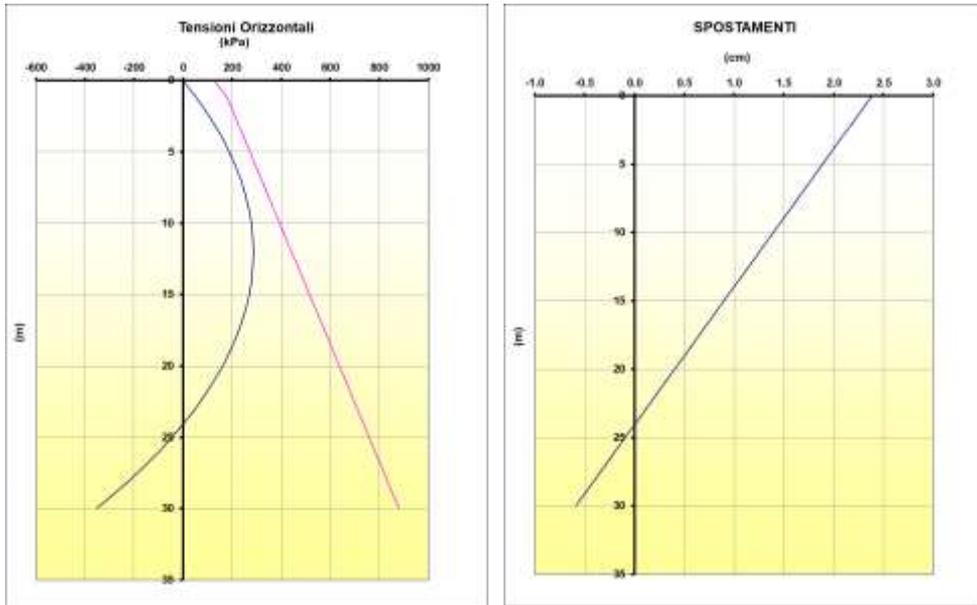


Figura 11 Diagramma delle tensioni orizzontali degli spostamenti orizzontali

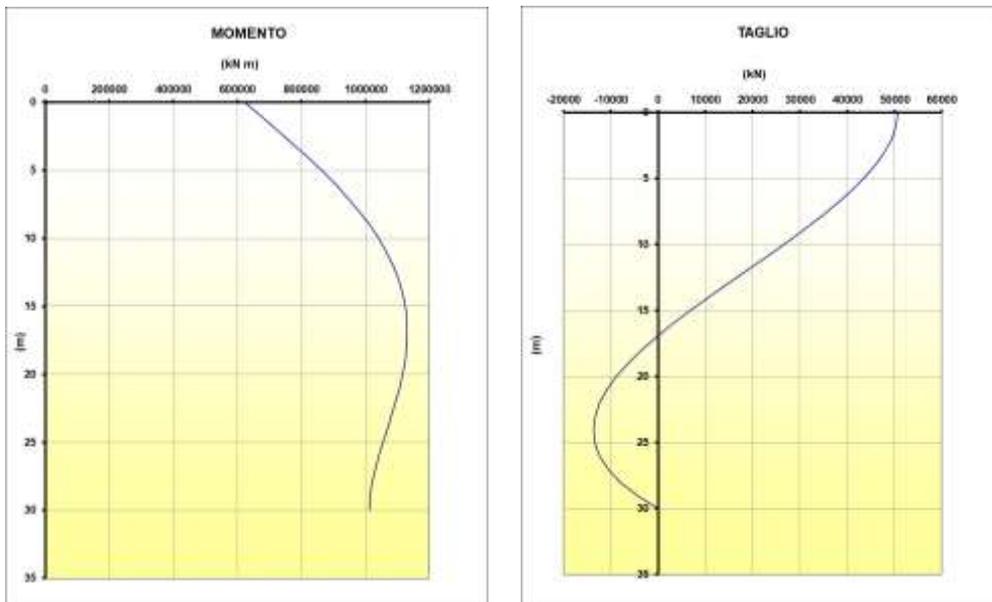


Figura 12 Diagramma delle sollecitazioni flettenti e taglianti

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO						
PROGETTAZIONE:	Mandatario:	Mandante:							
	SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Realzione fondazioni Pile 3 e 4				IF2R	3.2.E.ZZ	RB	VI.20.0.0.002	C	40 di 46
IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX									

9.3 VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE LIMITE VERTICALE

La condizione più gravosa si manifesta allo SLU. La sollecitazione assiale massima risulta pari a 173929kN. Per la lunghezza del pozzo prevista (lunghezza diaframmi 30.0 m) si ha una portata di progetto di $R_{block,c,d} = 182400 \text{ kN} > N_{max}$, quindi la verifica di portanza del blocco è soddisfatta.

Caratteristiche blocco di fondazione		
Area	80.16	m
Perimetro	252.20	m
Profondità infissione	2.5	m
Lunghezza diaframma	30	m
Lunghezza infissione	32.5	m

Falda (da p.c.)	0	m
-----------------	---	---

form.	spes.	Z _{inf}	γ _{sat}
	m	m	kN/m ³
A	3.5	3.5	19
B	9	12.5	19
C	6.5	19	20
D	5.5	24.5	20
E	10	34	20

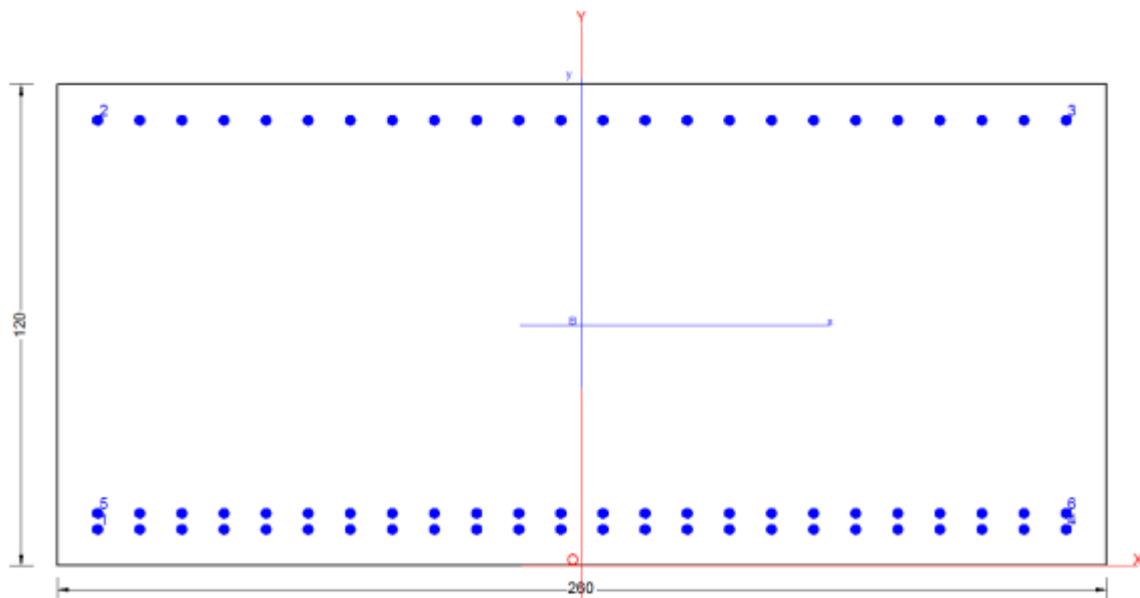
tipo	φ	μ	k
	°	tan(φ)	
NC	33	0.6494	0.46
NC	38	0.7813	0.38
NC	38	0.7813	0.38
NC	35	0.7002	0.43
NC	38	0.7813	0.38

z	Z _m	form.	γ _{sat}	γ _{dry}	σ' _v	σ _v	φ	μ	k	τ _{NC}	N _q	τ	q _p	S	ΣS=S _{lim}	Q _p =P _{lim}	P _{lim}	ΣP _p =W	R _{c,d}
m	m		kPa	kPa	kPa	kPa				μ × K	τ _{NC} / τ _C		kPa	kN	kN	kN	kN	kN	kN
1.0	0.5	A	19	9	4.5	9.5	33	0.649	0.46	1.33	12.7	1.33	57	336	336	4575	0	941	
2.0	1.5	A	19	9	13.5	28.5	33	0.649	0.46	3.99	12.7	3.99	171	1007	1342	13725	13725	0	2899
3.0	2.5	A	19	9	22.5	47.5	33	0.649	0.46	6.65	12.7	6.65	285	1678	3020	22875	22875	481	4914
4.0	3.5	B	19	9	31.5	66.5	38	0.781	0.38	9.46	22.6	9.46	712	2385	5406	57049	57049	962	11828
5.0	4.5	B	19	9	40.5	85.5	38	0.781	0.38	12.16	22.6	12.16	915	3067	8473	73348	73348	1443	15507
6.0	5.5	B	19	9	49.5	104.5	38	0.781	0.38	14.86	22.6	14.86	1118	3749	12222	89648	89648	1924	19337
7.0	6.5	B	19	9	58.5	123.5	38	0.781	0.38	17.57	22.6	17.57	1322	4430	16652	105947	105947	2405	23319
8.0	7.5	B	19	9	67.5	142.5	38	0.781	0.38	20.27	22.6	20.27	1525	5112	21764	122247	122247	2886	27453
9.0	8.5	B	19	9	76.5	161.5	38	0.781	0.38	22.97	22.6	22.97	1728	5793	27557	138547	138547	3367	31738
10.0	9.5	B	19	9	85.5	180.5	38	0.781	0.38	25.67	22.6	25.67	1932	6475	34032	154846	154846	3848	36175
11.0	10.5	B	19	9	94.5	199.5	38	0.781	0.38	28.38	22.6	28.38	2135	7156	41188	171146	171146	4329	40763
12.0	11.5	B	19	9	103.5	218.5	38	0.781	0.38	31.08	22.6	31.08	2338	7838	49027	187446	187446	4810	45503
13.0	12.5	C	20	10	113	238	38	0.781	0.38	33.93	22.6	33.93	2553	8558	57584	204651	204651	5210	50590
14.0	13.5	C	20	10	123	258	38	0.781	0.38	36.93	22.6	36.93	2779	9315	66899	222761	222761	5611	56017
15.0	14.5	C	20	10	133	278	38	0.781	0.38	39.94	22.6	39.94	3005	10072	76971	240872	240872	6012	61612
16.0	15.5	C	20	10	143	298	38	0.781	0.38	42.94	22.6	42.94	3231	10829	87800	258983	258983	6413	67375
17.0	16.5	C	20	10	153	318	38	0.781	0.38	45.94	22.6	45.94	3457	11587	99387	277093	277093	6814	73307
18.0	17.5	C	20	10	163	338	38	0.781	0.38	48.95	22.6	48.95	3683	12344	111731	295204	295204	7214	79407
19.0	18.5	C	20	10	173	358	38	0.781	0.38	51.95	22.6	51.95	3909	13101	124832	313315	313315	7615	85676
20.0	19.5	D	20	10	183	378	35	0.700	0.43	54.64	15.8	54.64	2894	13780	138613	232004	232004	8016	73261
21.0	20.5	D	20	10	193	398	35	0.700	0.43	57.63	15.8	57.63	3052	14534	153146	244682	244682	8417	78819
22.0	21.5	D	20	10	203	418	35	0.700	0.43	60.61	15.8	60.61	3211	15287	168433	257360	257360	8818	84544
23.0	22.5	D	20	10	213	438	35	0.700	0.43	63.60	15.8	63.60	3369	16040	184472	270038	270038	9218	90437
24.0	23.5	D	20	10	223	458	35	0.700	0.43	66.58	15.8	66.58	3527	16793	201265	282716	282716	9619	96498
25.0	24.5	E	20	10	233	478	38	0.781	0.38	69.96	22.6	69.96	3684	17645	218910	295000	295000	10020	102729
26.0	25.5	E	20	10	243	498	38	0.781	0.38	72.97	22.6	72.97	3842	18497	237313	307700	307700	10421	107777
27.0	26.5	E	20	10	253	518	38	0.781	0.38	75.97	22.6	75.97	3999	19350	256642	320400	320400	10822	112793
28.0	27.5	E	20	10	263	538	38	0.781	0.38	78.97	22.6	78.97	4157	20202	275971	333000	333000	11223	117820
29.0	28.5	E	20	10	273	558	38	0.781	0.38	81.98	22.6	81.98	4315	21054	295440	345500	345500	11624	122847
30.0	29.5	E	20	10	283	578	38	0.781	0.38	84.98	22.6	84.98	4473	21906	315909	358000	358000	12025	127874
31.0	30.5	E	20	10	293	598	38	0.781	0.38	87.98	22.6	87.98	4631	22758	336378	370500	370500	12426	132901
32.0	31.5	E	20	10	303	618	38	0.781	0.38	90.98	22.6	90.98	4789	23610	356847	383000	383000	12827	137928
33.0	32.5	E	20	10	313	638	38	0.781	0.38	93.99	22.6	93.99	4947	24462	377316	395500	395500	13228	142955
34.0	33.5	E	20	10	323	658	38	0.781	0.38	96.99	22.6	96.99	5105	25314	397785	408000	408000	13629	147982

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	IF2R	3.2.E.ZZ	RB	VI.20.0.0.002	C	41 di 46

10 VERIFICHE SEZIONI IN C.A.

Si considerano tutte le principali combinazioni allo SLU, SLV e SLE esposte al precedente paragrafo. Per la verifica si considera un diaframma di spessore $s=1.20$ m e di larghezza media 2.60 m. La sezione è verificata per un conglomerato cementizio C25/30, disponendo 24 Ø26 lato compresso e 48 Ø26 lato teso ed armatura a taglio Ø16/20 a 5 bracci. L'incidenza corrispondente è di circa 150 kg/m^3 .



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto f_{cd} :	14.160 MPa	
	Resis. compr. ridotta f_{cd}' :	7.080 MPa	
	Def.unit. max resistenza $ec2$:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu :	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale E_c :	31475.0 MPa	
	Resis. media a trazione f_{ctm} :	2.560 MPa	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa	
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm	
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
		Resist. caratt. snervam. f_{yk} :	450.00 MPa
Resist. caratt. rottura f_{tk} :		450.00 MPa	
Resist. snerv. di progetto f_{yd} :		391.30 MPa	
Resist. ultima di progetto f_{td} :		391.30 MPa	
Deform. ultima di progetto E_{pu} :		0.068	
Modulo Elastico E_f :		2000000 daN/cm ²	
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:		0.50	

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 42 di 46

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C25/30

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-130.0	0.0
2	-130.0	120.0
3	130.0	120.0
4	130.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-120.0	9.0	26
2	-120.0	111.0	26
3	120.0	111.0	26
4	120.0	9.0	26
5	-120.0	13.0	26
6	120.0	13.0	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	22	26
2	2	3	22	26
3	5	6	22	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 16 mm
Passo staffe: 10.0 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

	N	Mx	My	Vy	Vx
N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	4570.00	5260.00	5260.00	2215.00	0.00

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

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

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 43 di 46

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	4500.00	3420.00 (1787.77)	3420.00 (1787.77)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.7 cm
Copriferro netto minimo staffe: 6.1 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	4570.00	5260.00	5260.00	4570.19	9300.58	9201.15	1.75	254.8(46.1)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.447	130.0	120.0	0.00302	120.0	111.0	-0.00433	-120.0	9.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000014624	0.000037608	-0.002914112	0.447	0.999

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 16 mm

Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 44 di 46

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	2064.41	7885.57	3200.66	113.0	248.1	2.000	1.103	25.9	40.2(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	10.01	130.0	120.0	-132.3	-120.0	9.0	1752	69.0

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00075	0	0.500	26.0	77	0.00050 (0.00040)	374	0.187 (0.20)	1787.77	1787.77

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 45 di 46

11 VERIFICA NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITI IDRAULICI

11.1 VERIFICA DEL TAMPONE DI FONDO IN JET-GROUTING

Nel presente paragrafo si esegue la verifica dello stato limite di sollevamento.

Il sollevamento (Uplift) comporta la perdita di equilibrio della struttura o del terreno a causa della sottospinta dell'acqua. Per la stabilità al sollevamento a breve termine, deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante, ovvero sia della risultante delle pressioni idrauliche alla base ($U_{base} - U_{top}$), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ($W + Q_d$):

$$F_{SUPPLIFT} = \frac{W + Q_d}{U_{base} - U_{top}}$$

Si assume un coefficiente parziale γ_{G1} pari a 1.1 per le azioni destabilizzanti e pari a 0.9 per quelle stabilizzanti. Seguono i risultati della verifica.

Spessore tampone Jet grouting	h_j	=	5 m
Peso Specifico Jet grouting	γ_j	=	20 kN/m ³
Area di Base	A	=	271.6 m ²
<i>Peso jet grouting: $h_j \gamma_j$ Area</i>	G_j	=	27160 kN
Sovraccarico	G_2	=	0 kN
Resistenza laterale: $0.5 \gamma k_p H^2 \tan \delta_p$	$R_{laterale}$	=	9973 kN
Contributo stabilizzante			37133 kN
Coefficiente	γ_{G1}	=	0.9
Contributo stabilizzante fattorizzato			33419 kN
Battente idraulico	z	=	10 m
<i>Sottospinta idraulica</i>	U_w	=	27160 kN
Coefficiente	γ_{G1}	=	1.1
Sottospinta idraulica fattorizzato	U_w	=	29876 kN/m²
Fattore di sicurezza	F.S.	=	1.12

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Realzione fondazioni Pile 3 e 4 IF2R.3.2.E.ZZ.RB.VI.20.0.0.002.C.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI.20.0.0.002	REV. C	FOGLIO 46 di 46

12 **INDICE DELLE FIGURE**

Figura 1: Vista in pianta pile P3-P4	6
Figura 2: Sezione in direzione trasversale e longitudinale rispetto all'asse del viadotto pila P3..	6
Figura 3: Sezione in direzione trasversale e longitudinale rispetto all'asse del viadotto pila P4..	7
Figura 4: Vista in pianta P3-P4	8
Figura 5: Sezione in direzione trasversale e longitudinale rispetto all'asse del viadotto P3.....	9
Figura 6: Sezione in direzione trasversale e longitudinale rispetto all'asse del viadotto P4.....	9
Figura 7– Schematizzazione del pozzo di fondazione.	18
Figura 8– Schematizzazione del pozzo di fondazione.	18
Figura 9 Diagramma delle tensioni orizzontali degli spostamenti orizzontali.....	32
Figura 10 Diagramma delle sollecitazioni flettenti e taglianti	32
Figura 11 Diagramma delle tensioni orizzontali degli spostamenti orizzontali.....	39
Figura 12 Diagramma delle sollecitazioni flettenti e taglianti	39