

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

PROGETTISTA:

DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI

Prof. Ing. Andrea
Del Grosso

Ing. Piergiorgio GRASSO

Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche



PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE VIABILITA'

Relazione di verifica di palo e fondazione per l'illuminazione stradale

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO Ing. Sabino DEL BALZO 02/10/2020	IMPRESA PIZZAROTTI & C. s.p.a. Dott. Ing. Sabino Del Balzo Ing. Sabino DEL BALZO 	-

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

I F 2 6 1 2 E Z Z C L L F 0 0 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	L.C.Pasquale 	02/10/2020	A. Canepa 	02/10/2020	P. Grasso 	02/10/2020	Prof. Ing. Andrea Del Grosso



File: IF26.1.2.E.ZZ.CL.LF.00.0.0.001.A.doc

n. Elab.:

INDICE

1	GENERALITA'	4
2	CARATTERISTICHE GENERALI	4
3	UNITÀ DI MISURA	5
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
5	ELABORATI DI RIFERIMENTO	6
6	MATERIALI	6
6.1	CLASSI DI ESPOSIZIONE	6
6.2	CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE (C 25/30)	8
6.3	CALCESTRUZZO MAGRO PER GETTI DI LIVELLAMENTO/SOTTOFONDAZIONI (C12/15).....	10
6.4	ACCIAIO IN BARRE D'ARMATURA PER C.A. (B450C)	10
6.5	ACCIAIO PER PALO DI SOSTEGNO (S355).....	10
7	LOCALIZZAZIONE DEL SITO	11
8	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	11
9	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	11
9.1	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	12
9.2	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA	13
9.3	PARAMETRI SISMICI	15
9.3.1	SEZIONE ESTREMO LOTTO SUD.....	16
9.3.2	SEZIONE STAZIONE DI AMOROSI.....	17
9.3.3	SEZIONE ESTREMO LOTTO NORD	18
10	AZIONI DI PROGETTO	19
10.1	CARICHI PERMANENTI	19
10.2	AZIONE DEL VENTO	19
10.3	AZIONE SISMICA.....	21

11 VERIFICHE DI SICUREZZA	22
11.1 ASPETTI GENERALI	22
11.2 COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI	22
11.3 VERIFICA A RIBALTAMENTO	23
11.4 VERIFICA A SCORRIMENTO.....	24
11.5 VERIFICA AL CARICO LIMITE DEL TERRENO.....	24
12 RISULTATI DELLE VERIFICHE.....	26
12.1 CASI STATICI.....	26
12.1.1 CASO EQU - VERIFICA A RIBALTAMENTO	26
12.1.2 APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE A2 (A2+M2+R2)	26
12.1.3 APPROCCIO 2 - (A1+M1+R3).....	27
12.2 CASI SISMICI	28
12.2.1 CASO EQU - VERIFICA A RIBALTAMENTO	28
12.2.2 APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE A2 (A2+M2+R2)	29
12.2.3 APPROCCIO 2 - (A1+M1+R3).....	30
12.3 SINTESI VERIFICHE GEOTECNICHE PLINTO DI FONDAZIONE.....	31
12.4 SOLLECITAZIONI PALO	31
12.5 VERIFICHE STRUTTURALI PALO.....	32
12.5.1 VERIFICA A TAGLIO SLU	32
12.5.2 VERIFICA A FLESSIONE SLU	32
12.6 SOLLECITAZIONI PLINTO	32
12.7 VERIFICHE STRUTTURALI PLINTO	33
12.7.1 VERIFICA A TAGLIO SLU	33
12.7.2 VERIFICA A FLESSIONE SLU	34
12.7.3 VERIFICHE SLE	35

1 GENERALITA'

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto esecutivo del Raddoppio dell'Itinerario Ferroviario Napoli-Bari nella Tratta Canello-Benevento / 2° Lotto Funzionale Frasso Telesino – Vitulano.

Le analisi e verifiche nel seguito esposte fanno in particolare riferimento alle verifiche statiche dei plinti di fondazione dei pali di pubblica illuminazione.

Le verifiche riguardano in particolare:

- verifica di capacità portante del plinto;
- verifica strutturale del palo.

2 CARATTERISTICHE GENERALI

Il dispositivo oggetto di verifica è costituito da un palo in acciaio di forma tronco-conica inghisato alla base ad un plinto in calcestruzzo armato ordinario. In sommità al palo è previsto uno sbraccio all'estremità del quale è posizionato il corpo illuminante.

La tabella che segue riporta le caratteristiche geometriche rilevanti ai fini statici.

DATI GEOMETRICI PALO			
Altezza palo	Hp	(m)	8.00
Diametro di base del palo	Db	(m)	0.163
Diametro di sommità del palo	Ds	(m)	0.060
Spessore fusto	t	(m)	0.004
Peso del palo	Wpa	(kN)	0.86
Diametro medio	Dm	(m)	0.1115
DATI CORPI ILLUMINANTI			
Peso corpo illuminante	Wci	(kN)	0.160
Superficie esposta al vento	Sci	(mq)	0.30
Numero corpi illuminanti	Nci	(-)	1

Tabella 1 – Dati geometrici palo e corpo illuminante

Lo sbraccio è assunto pari a 2.50 m. La superficie esposta al vento del corpo illuminante tiene conto delle dimensioni del corpo illuminante e del dispositivo di sbraccio.

Il plinto di fondazione è rappresentato da un blocco cubico di lato 1.00 m, secondo la tabella descrittiva seguente:

DATI GEOMETRICI PLINTO			
		u.m.	
Larghezza plinto inferiore	B1	(m)	1.00
Lunghezza plinto inferiore	L1	(m)	1.00
Altezza plinto inferiore	H1	(m)	0.00
Larghezza plinto superiore	B2	(m)	1.00
Lunghezza plinto superiore	L2	(m)	1.00
Altezza plinto superiore	H2	(m)	1.00
Profondità fondazione	ZF	(m)	1.30
Profondità falda	ZW	(m)	1.30

Tabella 2 – Dati geometrici plinto di fondazione

3 UNITÀ DI MISURA

Nel seguito si adotteranno le seguenti unità di misura:

- per le lunghezze ⇒ m, mm
- per i carichi ⇒ kN, kN/m², kN/m³
- per le azioni di calcolo ⇒ kN, kNm
- per le tensioni ⇒ MPa

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali applicate nel presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture, D.M. 14 gennaio 2008 «Norme tecniche per le costruzioni»
- Rif. [2] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»
- Rif. [3] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 A)
- Rif. [4] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 1 / Ambiente e Geologia (RFI DTC SI AG MA IFS 001 A – rev 30/12/2016)
- Rif. [5] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A – rev 30/12/2016)
- Rif. [6] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A – rev 30/12/2016)

- Rif. [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [9] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [10] Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea
- Rif. [11] EUROCODICE 1 – BASI DI CALCOLO ED AZIONI SULLE STRUTTURE: Parte 2-4 Azioni sulle strutture – Azioni del vento.
- CNR-DT 207/2008 “Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”;
- Rif. [12] UNI 11104: Calcestruzzo : Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1

5 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Costituiscono parte integrante di quanto esposto nel presente documento, l’insieme degli elaborati di progetto specifici relativi all’opera in esame e riportati in elenco elaborati.

6 MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali previsti per la realizzazione delle strutture oggetto di calcolo nell’ambito del presente documento:

6.1 Classi di esposizione

Con riferimento alle specifiche di cui alla norma UNI EN 206-1-2006, si definisce di seguito la classe di esposizione del calcestruzzo:

- Plinto di fondazione: XC2.

**ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO**

**Relazione di verifica di palo e fondazione per
l'illuminazione stradale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	7 di 36

Classe esposizione norma UNI 9656	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
1	X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.	-	C 12/15	
2 Corrosione indotta da carbonatazione						
Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel coperto o nel ricoperto di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettono quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.						
2 a	XC1	Asciutto o permanentemente bagnato.	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensati o immerse in acqua.	0,60	C 25/30	
2 a	XC2	Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	0,60	C 25/30	
5 a	XC3	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2.	0,50	C 32/40	
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare						
5 a	XD1	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XD2	Bagnato, raramente asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (Piscine).	0,50	C 32/40	
5 c	XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	0,45	C 35/45	

Classe esposizione norma UNI 9656	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
4 a 5 b	XS1	Esposto alla salinità marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.	0,50	C 32/40	
	XS2	Permanentemente sommerso.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.	0,45	C 35/45	
	XS3	Zone esposte agli spruzzi o alle maree.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.	0,45	C 35/45	
5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti*						
2 b	XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.	0,50	C 32/40	
3	XF2	Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante.	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.	0,50	C 25/30	3,0
2 b	XF3	Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.	0,50	C 25/30	3,0
3	XF4	Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.	0,45	C 28/35	3,0
6 Attacco chimico**						
5 a	XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.	0,50	C 32/40	
5 c	XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquame provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi o gas di scarico industriali.	0,45	C 35/45	

*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione:
- moderato: occasionalmente gelato in condizione di saturazione;
- elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.
**) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.

Tabella 3 – Classi di esposizione secondo norma UNI – EN 206-2006

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4 – Determinazione delle condizioni ambientali

La determinazione della classe di resistenza minima del conglomerato è effettuata secondo UNI-EN 11104, di cui alla successiva tabella:

M.

UNI 11104:2004

prospetto 4 Valori limiti per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

	Classi di esposizione																		
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico			
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti			XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Massimo rapporto a/c	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
Minima classe di resistenza ¹⁾	C12/15	C25/30	C28/35	C32/40	C32/40	C32/40	C35/45	C28/35	C32/40	C35/45	32/40	25/30	28/35	28/35	28,35	32/40	35/45	35/45	35/45
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³)	-	300	320	340	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)														3,0 ²⁾					
Altri requisiti															Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati ³⁾

¹⁾ Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondazioni e ricoprimenti. Per tale classe dovrebbero essere definite le prescrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi.
²⁾ Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI 7087, per la relativa classe di esposizione.
³⁾ Qualora la presenza di solfati comporti le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.

Tabella 5 – Classi di resistenza minima del calcestruzzo secondo UNI – 11104

6.2 Calcestruzzo per fondazione (C 25/30)

Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28 gg:

$$R_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica a 28 gg:

$$f_{ck} = 24.90 \text{ MPa} \quad (0,83 \cdot R_{ck})$$

Resistenza a compressione cilindrica media:

$$f_{cm} = 32.90 \text{ MPa} \quad (f_{ck} + 8)$$

Valore medio resistenza a trazione assiale:

$$f_{ctm} = 2.56 \text{ MPa} \quad (0.30 f_{ck}^{2/3})$$

Valore caratteristico frattile 5% resistenza a trazione assiale:

$$f_{ctk,0,05} = 1.98 \text{ MPa} \quad (0.7 f_{ctm})$$

Valore medio resistenza a trazione per flessione:

$$f_{ctf} = 3.07 \text{ MPa} \quad (1.2 f_{ctm})$$

Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:

$$\gamma_c = 1.5$$

Per situazioni di carico eccezionali, tale valore va considerato pari ad 1,0

Resistenza di calcolo a compressione allo SLU:

$$f_{cd} = 14.11 \text{ MPa} \quad (0,85 \cdot f_{ck} / \gamma_s)$$

Relazione di verifica di palo e fondazione per l'illuminazione stradale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	9 di 36

Resistenza di calcolo a trazione diretta allo SLU:

$$f_{ctd} = 1.32 \text{ MPa} \quad (f_{ctk0,05} / \gamma_s)$$

Modulo di elasticità normale :

$$E_{cm} = 31447 \text{ MPa} \quad (22000 (f_{cm}/10)^{0.3})$$

Modulo di Poisson:

$$\nu = 0.2$$

Coefficiente di dilatazione lineare

$$\alpha = 0.00001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Tensione di aderenza di calcolo acciaio-calcestruzzo

$$\eta = 1.00 \text{ per barre di diametro inferiori a 32 mm}$$

$$f_{bd} = 2.97 \text{ MPa} \quad (2,25 * \eta * f_{ctk} / \gamma_c)$$

Nel caso di armature molto addensate, o ancoraggi in zona tesa tale valore va diviso per 1.5.

Tensioni massime per la verifica agli SLE (Prescrizioni Manuale RFI Parte 2-Sezione 2)

Combinazione di Carico Quasi Permanente:

$$\sigma_{cmax \text{ QP}} = 9.96 \text{ MPa} \quad (0,40 f_{ck})$$

Combinazione di Carico Caratteristica – Rara:

$$\sigma_{cmax \text{ R}} = 13.70 \text{ MPa} \quad (0,55 f_{ck})$$

Copriferro

Il copriferro di progetto adottato per le barre di armatura, tiene conto delle prescrizioni di cui alla Tabella C4.1.IV della Circolare n. 7 del 21-01-19.

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

C _{min}	C _o	ambiente	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 _o ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C _o ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C _o ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C _o ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o
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	50

La classe di resistenza minima C_{min} indicata in tabella deve comunque intendersi riferita alla pertinente classe di esposizione di cui alla UNI EN 206:2016 richiamata nella Tabella 4.1.III delle NTC.

Tabella 6 – Copriferro secondo Tabella C4.1.IV della Circolare n. 7 del 21-01-19

Il copriferro minimo vale 20+10 = 30 mm; si adotta un copriferro di 40 mm.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di verifica di palo e fondazione per l'illuminazione stradale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>LF0000 001</td> <td>A</td> <td>10 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	10 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	10 di 36								

6.3 Calcestruzzo magro per Getti di livellamento/sottofondazioni (C12/15)

Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28 gg:

$$R_{ck} = 15 \text{ MPa}$$

Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica a 28 gg:

$$f_{ck} = 12.5 \text{ MPa} \quad (0,83 \cdot R_{ck})$$

Resistenza a compressione cilindrica media:

$$f_{cm} = 20.5 \text{ MPa} \quad (f_{ck} + 8)$$

Si omettono resistenze e/o tensioni di calcolo, essendo tale conglomerato previsto per parti d'opera senza funzioni strutturali.

6.4 Acciaio in barre d'armatura per c.a. (B450C)

Tensione caratteristica di rottura:

$$f_{tk} = 540 \text{ MPa} \quad (\text{frattile al } 5\%)$$

Tensione caratteristica allo snervamento:

$$f_{yk} = 450 \text{ MPa} \quad (\text{frattile al } 5\%)$$

Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:

$$\gamma_s = 1.15$$

Per situazioni di carico eccezionali, tale valore va considerato pari ad 1,0.

Resistenza di calcolo allo SLU:

$$f_{yd} = 391.3 \text{ MPa} \quad (f_{yk} / \gamma_s)$$

Modulo di elasticità :

$$E_f = 210000 \text{ MPa}$$

Tensione massima per la verifica agli SLE (Prescrizioni Manuale RFI Parte 2-Sezione 2) - Combinazione di Carico Caratteristica (Rara):

$$\sigma_{s \max} = (0,75 f_{yk}) = 338 \text{ MPa}$$

6.5 Acciaio per palo di sostegno (S355)

Tensione caratteristica allo snervamento:

$$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$$

Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di verifica di palo e fondazione per l'illuminazione stradale	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>LF0000 001</td> <td>A</td> <td>11 di 36</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	11 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	11 di 36								

7 LOCALIZZAZIONE DEL SITO

La localizzazione del sito specifico di intervento, come è noto, condiziona la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione e la determinazione delle azioni sismiche e vento. Stante l'obiettivo di rappresentare con la presente relazione la totalità dei pali di pubblica illuminazione, nel seguito si adotta caso per caso l'approccio più conservativo finalizzato ad individuare costantemente le condizioni staticamente più gravose.

8 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

I plinti di fondazione dovranno essere posati in materiale da rilevato oppure in materiale adeguatamente compattato; si possono pertanto utilizzare i parametri geotecnici individuati nella relazione geotecnica per il materiale da rilevato, secondo la tabella che segue.

Peso di volume struttura	$\gamma_s'k$	(kN/mc)	25.00
Peso di volume acqua	$\gamma_w'k$	(kN/mc)	0.00
Peso di volume terreno	$\gamma_t'k$	(kN/mc)	19.00
Angolo d'attrito terreno	$\phi'k$	(-)	35.00
Coesione drenata	$c'k$	(kPa)	0.00
Angolo d'attrito terreno-fondazione	$\delta'k$	(-)	23.33

Tabella 7 – Parametri geotecnici di riferimento

Riguardo il livello di falda, stante la superficialità dell'opera, si assume non presenza di falda.

9 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare applicativa.

Nella fattispecie, nei riguardi della valutazione delle azioni sismiche di progetto, si è fatto riferimento ai parametri di pericolosità sismica specifici del sito in esame, come esposto nei paragrafi seguenti.

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale $V_N = 50$ anni – opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.

Riguardo invece la Classe d'Uso, il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008, individua le seguenti quattro categorie:

- Classe I: costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II: costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III: costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di verifica di palo e fondazione per l'illuminazione stradale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>LF0000 001</td> <td>A</td> <td>12 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	12 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	12 di 36								

- Classe IV: costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti o reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

All'opera in oggetto corrisponde pertanto una Classe III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II):

$$C_U = 1.5.$$

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

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $V_R = 50 \times 1.5 = 75$ anni.

9.1 Parametri di pericolosità sismica

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 14-01-2008, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica / V_R) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

Il DM 14.01.08 definisce in particolare la pericolosità sismica di un sito attraverso i seguenti parametri::

- a_g/g : accelerazione orizzontale relativa massima al suolo, su sito di riferimento rigido;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per quanto detto al precedente paragrafo, risulta un periodo di riferimento Azione sismica $V_R = 75$ anni.

Riguardo agli stati limite di verifica/periodo di ritorno dell'azione sismica, la normativa individua in particolare 4 situazioni tipiche riferendosi alle prestazioni che la costruzione nel suo complesso deve poter espletare, riferendosi sia agli elementi strutturali, che a quelli non strutturali / impianti, come di seguito descritto:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile all'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature;
- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture o crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione invece conserva una

parte della resistenza e della rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche;

- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

A ciascuno stato limite di verifica è quindi associata una probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , secondo quanto indicato nel seguito:

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

A ciascuna probabilità di superamento P_{VR} è associato un Periodo di Ritorno dell'azione sismica T_R , valutabile attraverso la seguente relazione:

$$T_R = - V_R / \ln(1-P_{VR}) \quad (\text{periodo di ritorno dell'azione sismica})$$

Nel caso in esame risulta dunque, con riferimento ai diversi stati limite :

T_R (anni)	P_{VR}	V_R (anni)						
Stato limite		35	50	70	75	100	150	200
SLO	0.81	21	30	42	45	60	90	120
SLD	0.63	35	50	70	75	101	151	201
SLV	0.1	332	475	664	712	949	1424	1898
SLC	0.05	682	975	1365	1462	1950	2475	2475

9.2 Categoria di sottosuolo e categoria topografica

Le categorie di sottosuolo e le condizioni topografiche sono valutate come descritte al punto 3.2.2 del D.M. 14.01.08, ovvero:

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Note la categoria di sottosuolo e la condizioni topografiche, la costruzione degli spettri passa infine attraverso la definizione dei coefficienti di Amplificazione Stratigrafica (S_S e C_C) e Topografica (S_T), mediante le indicazioni di cui alle tab 3.2.V e 3.2.VI del DM 17.01.08, che si ripropongono nel seguito:

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Nel caso indagato si assume una categoria di sottosuolo di tipo C e una classe topografica T1.

9.3 Parametri sismici

I parametri sismici sono individuati in tre siti localizzati lungo lo sviluppo dell'asse di progetto della nuova infrastruttura ferroviaria, in modo tale da individuare le azioni sismiche più gravose. I tre siti sono i seguenti:

- Sezione estremo lotto Sud;
- Sezione stazione di Amorosi;
- Sezione estremo lotto Nord.

Si riportano a seguire le schermate dei parametri sismici per i siti indagati, sulla base delle caratteristiche del sito, della vita utile del manufatto, nonché della categoria del suolo e topografica.

9.3.1 Sezione estremo lotto Sud

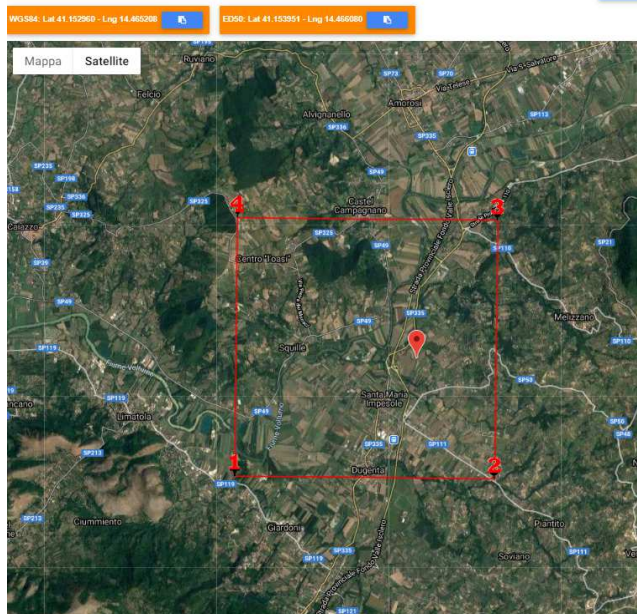


Figura 1 – Localizzazione del sito oggetto di indagine

Stati limite

Classe Edificio

III. Affollamento significativo...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	T _c [s]
Operatività (SLO)	45	0.061	2.404	0.307
Danno (SLD)	75	0.076	2.427	0.331
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.195	2.438	0.420
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.257	2.445	0.437

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 75

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 | us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: C

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,41	1,32
CC Coeff. funz categoria	1,55	1,51	1,40	1,38
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.018	0.023	0.066	0.095
kv	0.009	0.011	0.033	0.048
Amax [m/s ²]	0.897	1.124	2.700	3.331
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

ESPORTA IN TXT | PDF | SPETTI

Carica file

Figura 2 – Parametri sismici di riferimento

9.3.2 Sezione stazione di Amorosi

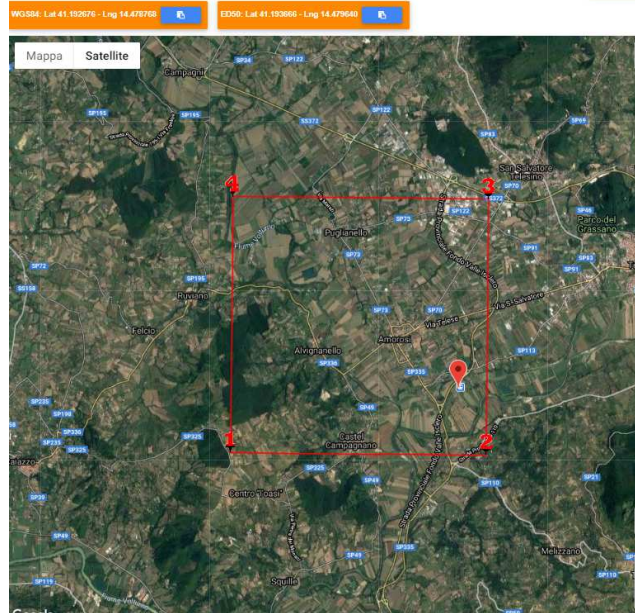


Figura 3 – Localizzazione del sito oggetto di indagine

Stati limite

Classe Edificio

III. Affollamento significativo...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	T _c * [s]
Operatività (SLO)	45	0.064	2.409	0.306
Danno (SLD)	75	0.081	2.434	0.328
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.228	2.359	0.404
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.304	2.368	0.425

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 75

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 | us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: C

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,38	1,27
CC Coeff. funz categoria	1,55	1,52	1,42	1,39
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.019	0.024	0.088	0.108
kv	0.010	0.012	0.044	0.054
Amax [m/s ²]	0.945	1.192	3.079	3.787
Beta	0.200	0.200	0.280	0.280

ESPORTA IN TXT | PDF | SPETTINI

Carica file

Figura 4 – Parametri sismici di riferimento

9.3.3 Sezione estremo lotto Nord

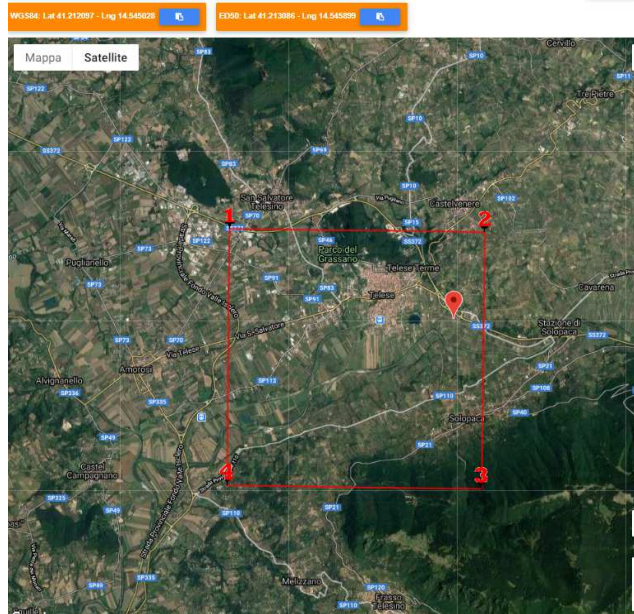


Figura 5 – Localizzazione del sito oggetto di indagine

Stati limite

Classe Edificio

III. Affollamento significativo...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc [s]
Operatività (SLO)	45	0.070	2.387	0.300
Danno (SLD)	75	0.091	2.382	0.321
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.266	2.330	0.389
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.354	2.379	0.413

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 75

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: C

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,33	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,56	1,53	1,43	1,41
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.021	0.027	0.099	0.119
kv	0.011	0.014	0.050	0.059
Amax [m/s ²]	1.030	1.332	3.473	4.162
Beta	0.200	0.200	0.280	0.280

ESPORTA IN TXT PDF SPETTRI

Carica file

Figura 6 – Parametri sismici di riferimento

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di verifica di palo e fondazione per l'illuminazione stradale	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0000 001	REV. A	FOGLIO 19 di 36

Il sito "Sezione estremo lotto Nord" ha determinato le azioni sismiche più gravose che sono pertanto assunte quali azioni rappresentative per le verifiche statiche.

10 AZIONI DI PROGETTO

Le azioni di progetto prese in conto per la verifica dell'opera in oggetto sono:

- carichi permanenti (pesi propri dei materiali strutturali, carichi permanenti non strutturali);
- azione del vento;
- azione sismica.

Di seguito si riportano in dettaglio le azioni considerate.

10.1 Carichi permanenti

I carichi permanenti da considerare nelle verifiche di resistenza e stabilità sono rappresentati dai pesi propri degli elementi strutturali e non strutturali:

- peso palo;
- peso corpi illuminanti;
- peso plinto.

10.2 Azione del vento

Il vento esercita una duplice azione sull'elemento in esame:

- un'azione concentrata, agente sulla sommità del palo, causata dalla pressione esercitata dal vento sull'apparecchio illuminante e sulla struttura di sostegno;
- un'azione distribuita, agente lungo tutto lo sviluppo del palo, causata dalla pressione esercitata dal vento sulla superficie del palo stesso.

Per determinare l'entità delle due azioni suddette si è fatto riferimento alle norme CNR DT207/2008 "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni". In particolare, il calcolo è stato effettuato secondo i punti seguenti:

- valutazione della velocità di riferimento (par. 3.2 della norma di riferimento);
- valutazione dell'azione concentrata del vento sulla sommità del palo (par. 3.2, 3.3, 3.4 e appendice G.7 della norma di riferimento);
- valutazione dell'azione distribuita del vento lungo lo sviluppo del palo (par. 3.2, 3.3, 3.4 e appendice G.10 della norma di riferimento).

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

Relazione di verifica di palo e fondazione per
l'illuminazione stradale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	20 di 36

DETERMINAZIONE AZIONE DEL VENTO (§ 3.3 DM 14/01/2008 E CNR-DT 207/2008)

Zona (1,2,3,4,5,6,7,8,9)	ZO	-	3	
	Vb,0	(m/s)	27	CNR-DT 207/2008 Tab 3.I
	a0	(m)	500	
	ka	(s-1)	0.37	
altitudine del sito	as	(m)	55.00	
coefficiente di altitudine	Ca		1	
velocità base di riferimento (Tr 50 anni)	Vb	(m/s)	27.00	CNR-DT 207/2008 Cap 3.2.1
tempo di ritorno	Tr	(anni)	50	CNR-DT 207/2008 Tab. A.I
coefficiente di ritorno	cr	(-)	1.00	CNR-DT 207/2008 Cap 3.2.2
velocità di riferimento di progetto	Vr	(m/s)	27.00	CNR-DT 207/2008 Cap 3.2.2
classe di rugosità (A,B,C,D)		(-)	D	CNR-DT 207/2008 Tab 3.III
categoria di esposizione (I,II,III,IV)		(-)	II	CNR-DT 207/2008 Cap 3.2.3
	kr	(-)	0.19	CNR-DT 207/2008 Tab 3.II
	z0	(m)	0.05	CNR-DT 207/2008 Tab 3.II
	Zmin	(m)	4.00	CNR-DT 207/2008 Tab 3.II
densità dell'aria	ρ	(kg/mc)	1.25	CNR-DT 207/2008 Cap 3.2.7
coefficiente di topografia	Ct	-	1	CNR-DT 207/2008 Cap 3.2.4
FUSTO				
altezza dal suolo	z	(m)	4.00	Hp/2
coefficiente di esposizione	Ce	(-)	1.801	CNR-DT 207/2008 Cap 3.2.7
pressione cinetica di picco	qp	(N/mq)	820.38	CNR-DT 207/2008 Cap 3.2.7
coefficiente dinamico	Cd	(-)	1.00	CNR-DT 207/2008 Cap 3.4
coefficiente di profilo medio del vento	Cm	(-)	0.83	CNR-DT 207/2008 Cap 3.2.5
velocità media del vento	Vm	(m/s)	22.48	CNR-DT 207/2008 Cap 3.2.5
viscosità cinematica dell'aria	ν	(m2/s)	0.000015	CNR-DT 207/2008 Cap 3.3.7
numero di Reynolds	Re	(-)	1.7E+05	CNR-DT 207/2008 Cap 3.3.7
scabrezza della superficie	k	(m)	0.0002	CNR-DT 207/2008 Tab. G.XVII
	k/b	(-)	1.8E-03	
coefficiente di forma	Cfx0	(-)	1.200	CNR-DT 207/2008 appendice G.10.6
coefficiente di snellezza	Ψi	(-)	1.000	CNR-DT 207/2008 appendice G.10.8
pressione del vento	p	(N/mq)	984.45	CNR-DT 207/2008 Cap 3.3.4
superficie esposta al vento	Sf	(mq)	0.892	
risultante		(kN)	0.878	
CORPI ILLUMINANTI				
altezza dal suolo	z	(m)	8	Hp
coefficiente di esposizione	Ce	(-)	2.21	CNR-DT 207/2008 Cap 3.2.7
pressione cinetica di picco	qp	(N/mq)	1008.00	CNR-DT 207/2008 Cap 3.2.7
coefficiente dinamico	Cd	(-)	1.00	CNR-DT 207/2008 Cap 3.4
coefficiente di forma	Cfx	(-)	1.80	CNR-DT 207/2008 appendice G.7
pressione del vento	p	(N/mq)	1814.41	CNR-DT 207/2008 Cap 3.3.3
superficie esposta al vento	Sci	(mq)	0.300	
risultante		(kN)	0.544	

10.3 Azione sismica

Tipo di costruzione (1, 2, 3)		(-)	2	NTC2008-Cap. 2.4.1
Classe d'uso (I, II, III, IV)		(-)	III	NTC2008-Cap. 2.4.2
Vita nominale	V _N	(anni)	50	NTC2008-Tab. 2.4.I
Coefficiente d'uso	C _U	(-)	1.5	NTC2008-Tab. 2.4.II
Periodo di riferimento per l'azione sismica	V _R	(anni)	75	NTC2008-Cap. 2.4.3
Tempo di ritorno (SLV)	T _R	(anni)	712	CIRC-Tab C.3.2.I
Accelerazione orizzontale massima al sito	ag/g	(-)	0.266	
Valore massimo fattore di amplificazione	F ₀	(-)	2.330	
Periodo di inizio tratto a velocità costante	T _c *	(s)	0.389	
Categoria sottosuolo (A,B,C,D,)		(-)	C	NTC2008-Tab 3.2.II/III
Categoria topografica		(-)	T1	NTC2008-Tab 3.2.IV
	C _c	(-)	1.434	NTC2008-Tab 3.2.V
	S _s	(-)	1.328	NTC2008-Tab 3.2.V
	S _T	(-)	1.000	NTC2008-Tab 3.2.VI
Coefficiente di smorzamento viscoso (%)	ξ	(-)	5	
	η	(-)	1	
Periodo corrispondente all'inizio tratto a velocità costante	T _c	(s)	0.558	NTC2008-Cap. 3.2.3.2.1
Periodo corrispondente all'inizio tratto ad accelerazione costante	T _B	(s)	0.186	NTC2008-Cap. 3.2.3.2.1
Periodo corrispondente all'inizio tratto a spostamento costante	T _D	(s)	2.664	NTC2008-Cap. 3.2.3.2.1
	C ₁	(-)	0.050	NTC2008-Cap. 7.3.3.2
Periodo del modo di vibrare principale	T ₁	(s)	0.238	NTC2008-Cap. 7.3.3.2
			OK: T ₁ < 2.5 T _c	NTC2008-Cap. 7.3.3.2
			OK: T ₁ < T _d	NTC2008-Cap. 7.3.3.2
	T (s)	S _{He} (g)		
	0.000	0.353		
	0.186	0.823	TB	
	0.558	0.823	TC	
	0.979	0.469		
	1.400	0.328		
	1.822	0.252		
	2.243	0.205		
	2.664	0.172	TD	
	3.085	0.128		
	3.506	0.099		
	3.928	0.079		
	4.349	0.065		
	4.770	0.054		
	0.238	0.823		
Peso del palo	W _{pa}	(kN)	0.860	
Peso corpo illuminante	W _{ci}	(kN)	0.16	
Numero corpi illuminanti	N _{ci}	(-)	1	
	λ	(-)	1	NTC2008-Cap. 7.3.3.2
Azione sismica alla sommità del palo	H _s	(kN)	0.840	

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di verifica di palo e fondazione per l'illuminazione stradale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>LF0000 001</td> <td>A</td> <td>22 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	22 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	22 di 36								

11 VERIFICHE DI SICUREZZA

11.1 Aspetti generali

Lo schema di calcolo adottato per la valutazione delle sollecitazioni è quello di una mensola incastrata al plinto di fondazione. Il plinto è stato dimensionato con le massime sollecitazioni derivanti dal palo sovrastante. Le verifiche hanno riguardato gli aspetti seguenti:

verifiche plinto di fondazione

- caso statico:
 - o verifica a ribaltamento (approccio EQU)
 - o verifiche a scorrimento (approcci A2+M2+R2 e A1+M1+R3);
 - o verifiche di capacità portante (approcci A2+M2+R2 e A1+M1+R3);
 - o verifica strutturale (approcci A2+M2+R2 e A1+M1+R3);
- caso sismico:
 - o verifica a ribaltamento (approccio EQU)
 - o verifiche a scorrimento (approcci A2+M2+R2 e A1+M1+R3);
 - o verifiche di capacità portante (approcci A2+M2+R2 e A1+M1+R3);
 - o verifica strutturale (approcci A2+M2+R2 e A1+M1+R3);

verifiche palo

- caso statico:
 - o verifica strutturale (approcci A2+M2+R2 e A1+M1+R3);
- caso sismico:
 - o verifica strutturale (approcci A2+M2+R2 e A1+M1+R3).

11.2 Coefficienti di sicurezza parziali

I valori numerici dei coefficienti parziali possono riassumersi nel seguente prospetto:

Fattore	AZIONI - γ_F							PROPRIETA' DEL TERRENO - γ_M				RESISTENZE - γ_R	
	Permanenti		Permanenti non strutturali		Variabili		Sisma	Tan angolo resistenza taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso unità di volume	Capacità portante	Scorrimento
CASO	Fav	Sfav	Fav	Sfav	Fav	Sfav		$\tan \phi'_k$	c'_k	c_{uk}	γ	q_b	δ
Statico – EQU	0,9	1,1	0	1,5	0	1,5							
Statico - App. 1 – comb. 1 (A1+M1+R1)	1,0	1,3	0	1,5	0	1,5		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Statico - App. 1 – comb. 2 (A2+M2+R2)	1,0	1,0	0	1,3	0	1,3		1,25	1,25	1,40	1,0	1,8	1,1
Statico - App. 2 (A1+M1+R3)	1,0	1,3	0	1,5	0	1,5		1,0	1,0	1,0	1,0	2,3	1,1
Sismico – EQU	0,9	1,1	0	1,5	0	0	1,0						
Sismico – App. 1 – Comb. 1 (A1+M1+R1)	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Sismico – App. 1 – Comb. 2 (A2+M2+R2)	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0	1,0	1,25	1,25	1,40	1,0	1,8	1,1
Sismico – App. 2 (A1+M1+R3)	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,3	1,1

I casi evidenziati in campo azzurro sono quelli che sono analizzati nel seguito, in quanto dimensionanti.

11.3 Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il palo (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il palo (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r (eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si può accettare $\eta_r \geq 1,0$):

$$M_s / M_r \geq \eta_r.$$

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di verifica di palo e fondazione per l'illuminazione stradale	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>LF0000 001</td> <td>A</td> <td>24 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	24 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	24 di 36								

11.4 Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del plinto sul piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a farlo scorrere deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il plinto F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s (eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può assumere $\eta_s \geq 1,0$):

$$F_r / F_s \geq \eta_s$$

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito al di sotto del plinto di fondazione. La resistenza per adesione lungo le pareti della fondazione viene trascurata a favore di sicurezza.

Detta V la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, la forza resistente può esprimersi come $F_r = V \operatorname{tg} \delta_f$.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_ϕ , si assume un valore pari a 0.66 l'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

11.5 Verifica al carico limite del terreno

Il rapporto fra il carico limite in fondazione Q_u e la componente normale R della risultante dei carichi trasmessi dal plinto sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q (eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può assumere $\eta_q \geq 1,0$):

$$Q_u / R \geq \eta_q$$

Nel caso di suolo di tipo non coesivo la determinazione generale del carico limite in condizioni drenate assume la forma seguente:

$$q_u = 0,5 \times B \times \gamma \times N_\gamma \times s_\gamma \times d_\gamma \times i_\gamma \times g_\gamma \times b_\gamma + c \times N_c \times s_c \times d_c \times i_c \times g_c \times b_c + q \times N_q \times s_q \times d_q \times i_q \times g_q \times b_q$$

Sono di seguito riportate le formulazioni adottate per i fattori presenti nella relazione generale.

Fattori di capacità portante:

$$N_q = (1 + \sin \phi) / (1 - \sin \phi) e^{\pi \operatorname{tg} \phi} \quad \text{Prandtl (1921), Reissner (1924)}$$

$$N_c = (N_q - 1) / \operatorname{tg} \phi \quad \text{Prandtl (1921), Reissner (1924)}$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \operatorname{tg} \phi \quad \text{Caquot e Kerisel (1953)}$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + (B/L) \operatorname{tg} \phi \quad \text{Vesic (1975)}$$

$$s_c = 1 + (B/L) N_q / N_c \quad \text{Vesic (1975)}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 (B/L) \quad \text{Vesic (1975)}$$

Relazione di verifica di palo e fondazione per l'illuminazione stradale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	25 di 36

Fattori di profondità

se $D \leq B$	$d_q = 1 + 2 \operatorname{tg} \phi (1 - \sin \phi)^2 (D/B)$	Brinch-Hansen (1970)
se $D > B$	$d_q = 1 + 2 \operatorname{tg} \phi (1 - \sin \phi)^2 \operatorname{tg}^{-1}(D/B)$	Brinch-Hansen (1970)
$d_c =$	$d_q - (1 - d_q)/(N_c \operatorname{tg} \phi)$	Brinch-Hansen (1970)
$d_\gamma = 1$		Brinch-Hansen (1970)

Fattori di inclinazione del carico

$m = (2 + B/L)/(1 + B/L)$	Vesic (1973)
$i_q = (1 - H/(V + BLc/\operatorname{tg} \phi))^m$	Vesic (1973)
$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_c \operatorname{tg} \phi)$	Vesic (1973)
$i_\gamma = (1 - H/(V + BLc/\operatorname{tg} \phi))^{m+1}$	Vesic (1973)

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

Nel caso di piano di fondazione orizzontale:

$$b_q = b_c = b_\gamma = 1$$

Fattori di inclinazione del terreno

Nel caso di piano campagna orizzontale:

$$g_q = g_c = g_\gamma = 1$$

Relazione di verifica di palo e fondazione per l'illuminazione stradale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	26 di 36

12 RISULTATI DELLE VERIFICHE

12.1 Casi statici

12.1.1 Caso EQU - Verifica a ribaltamento

EQU - VERIFICA A RIBALTAMENTO	eccentricità riferite al punto di rotazione del plinto								
	Gvk (kN)	Qhk (kN)	e (m)	γ	Ve (kN)	He (kN)	Me (kNm)	Mst (kNm)	Mrb (kNm)
Peso plinto	25.000		0.50	0.9	22.50		11.25	11.25	0.00
Peso terreno	5.700		0.50	0.9	5.13		2.57	2.57	0.00
Sottospinta idraulica	0.000		0.50	0.9	0.00		0.00	0.00	0.00
Peso palo	0.860		0.50	0.9	0.77		0.39	0.39	0.00
Peso corpi illuminanti	0.160		0.50	0.9	0.14		0.07	0.07	0.00
Vento fusto		0.878	-5.00	1.5		1.32	-6.59	0.00	6.59
Vento corpo illuminante		0.544	-9.00	1.5		0.82	-7.35	0.00	7.35
			0.01		28.55	2.13	0.34	14.27	13.93
Fattore di sicurezza a ribaltamento	1.024	VERIFICA SODDISFATTA							

12.1.2 Approccio 1 - Combinazione A2 (A2+M2+R2)

Verifica a traslazione

	Gvk (kN)	Qhk (kN)	e (m)	γ	Ve (kN)	He (kN)	Me (kNm)
Peso plinto	25.000		0.50	1	25.00		12.50
Peso terreno	5.700		0.50	1	5.70		2.85
Sottospinta idraulica	0.000		0.50	1	0.00		0.00
Peso palo	0.860		0.50	1	0.86		0.43
Peso corpi illuminanti	0.160		0.50	1	0.16		0.08
Vento fusto		0.878	-5.00	1.3		1.14	-5.71
Vento corpo illuminante		0.544	-9.00	1.3		0.71	-6.37
			0.12		31.72	1.85	3.78
VERIFICA A TRASLAZIONE							
Tangente angolo d'attrito terreno-fondazione caratt.	$\tan\delta'k$	(-)	0.431				
Tangente angolo d'attrito terreno-fondazione prog.	$\tan\delta'd$	(-)	0.345	$\tan\delta'k/1.25$			
Fattore sicurezza sulla resistenza	$\gamma R2$	(-)	1.100				
Forza orizzontale resistente	Rd	(kN)	9.95				
Fattore di sicurezza a traslazione	Fs, trs	(-)	5.38	VERIFICA SODDISFATTA			

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

Relazione di verifica di palo e fondazione per
l'illuminazione stradale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	27 di 36

Verifica di capacità portante

larghezza fondazione	B1	(m)	1.00						
Eccentricità baricentrica	eG	(m)	0.381						
larghezza fondazione ridotta	B1*	(m)	0.24						
lunghezza fondazione	L	(m)	1.00						
profondità fondazione	D	(m)	1.30						
Peso di volume terreno efficace	$\gamma t'd$	(kN/mc)	19.00						
Tangente angolo d'attrito caratt. terreno	$\tan\phi'k$	(-)	0.700						
Tangente angolo d'attrito terreno di prog.	$\tan\phi'd$		0.560	$\tan\phi'k/1.25$					
Angolo d'attrito terreno di progetto	$\phi'd$	(-)	29.26	0.511	(rad)				
Coesione drenata di progetto	c'd	(kPa)	0.00	c'k/1.25					
tensione efficace al piano di posa	q'	(kPa)	24.70						
carico verticale	N	(kN)	31.72						
carico orizzontale	H	(kN)	1.85						
m			1.807						
	$1/2 \cdot \gamma \cdot B$	2.27		c'	0.00		q'	24.70	
	$N\gamma$	20.077		Nc	28.422		Nq	16.921	Brinch-Hansen (1970)
fattori correttivi									
forma	s γ	0.905		sc	1.142		sq	1.134	Vesic (1975)
profondità	d γ	1.000		dc	1.432		dq	1.407	Brinch-Hansen (1970)
inclinazione del carico	i γ	0.845		ic	0.891		iq	0.897	
inclinazione della fondazione	b γ	1.000		bc	1.000		bq	1.000	
inclinazione del terreno	g γ	1.000		gc	1.000		gq	1.000	
TOTALE		34.773			0.000		598.005	632.778	qlim,d
								kPa	
Resistenza limite	qlim,d	(kPa)	632.778						
Fattore sicurezza sulla resistenza	$\gamma R2$	(-)	1.800						
Resistenza di progetto	r,d	(kPa)	351.543						
Tensione massima al piano di posa	e,d	(kPa)	177.285						
Fattore sicurezza di capacità portante	Fs_bear	(-)	1.983	Rd/Ed	VERIFICA SODDISFATTA				

12.1.3 Approccio 2 - (A1+M1+R3)

Verifica a traslazione

	Gvk	Qhk	e	γ	Ve	He	Me
	(kN)	(kN)	(m)		(kN)	(kN)	(kNm)
Peso plinto	25.000		0.50	1	25.00		12.50
Peso terreno	5.700		0.50	1	5.70		2.85
Sottospinta idraulica	0.000		0.50	1	0.00		0.00
Peso palo	0.860		0.50	1	0.86		0.43
Peso corpi illuminanti	0.160		0.50	1	0.16		0.08
Vento fusto		0.878	-5.00	1.5		1.32	-6.59
Vento corpo illuminante		0.544	-9.00	1.5		0.82	-7.35
			0.06		31.72	2.13	1.93
VERIFICA A TRASLAZIONE							
Tangente angolo d'attrito terreno-fondazione caratt.	$\tan\delta'k$	(-)	0.431				
Tangente angolo d'attrito terreno-fondazione prog.	$\tan\delta'd$	(-)	0.431	$\tan\delta'k/1.00$			
Fattore sicurezza sulla resistenza	$\gamma R3$	(-)	1.100				
Forza orizzontale resistente	Rd	(kN)	12.44				
Fattore di sicurezza a traslazione	Fs_trs	(-)	5.83	VERIFICA SODDISFATTA			

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

Relazione di verifica di palo e fondazione per
l'illuminazione stradale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	28 di 36

Verifica di capacità portante

larghezza fondazione	B1	(m)	1.00						
Eccentricità baricentrica	eG	(m)	0.44						
larghezza fondazione ridotta	B1*	(m)	0.12						
lunghezza fondazione	L	(m)	1.00						
profondità fondazione	D	(m)	1.30						
Peso di volume terreno efficace	$\gamma t'd$	(kN/mc)	19.00						
Tangente angolo d'attrito caratt. terreno	$\tan\phi'k$	(-)	0.700						
Tangente angolo d'attrito terreno di prog.	$\tan\phi'd$		0.700	$\tan\phi'k/1.00$					
Angolo d'attrito terreno di progetto	$\phi'd$	(-)	35.00	0.611	(rad)				
Coesione drenata di progetto	c'd	(kPa)	0.00	c'k/1.00					
tensione efficace al piano di posa	q'	(kPa)	24.70						
carico verticale	N	(kN)	31.72						
carico orizzontale	H	(kN)	2.13						
m			1.892						
	$1/2 \cdot \gamma \cdot B$	1.15		c'	0.00	q'	24.70		
	$N\gamma$	48.029		Nc	46.124	Nq	33.296	Brinch-Hansen (1970)	
fattori correttivi									
forma	s γ	0.951		sc	1.088	sq	1.085	Vesic (1975)	
profondità	d γ	1.000		dc	1.388	dq	1.376	Brinch-Hansen (1970)	
inclinazione del carico	i γ	0.818		ic	0.873	iq	0.877		
inclinazione della fondazione	b γ	1.000		bc	1.000	bq	1.000		
inclinazione del terreno	g γ	1.000		gc	1.000	gq	1.000		
TOTALE		43.10			0.00		1076.53	1119.621	qlim,d
								kPa	
Resistenza limite	qlim,d	(kPa)	1119.621						
Fattore sicurezza sulla resistenza	$\gamma R3$	(-)	2.300						
Resistenza di progetto	r,d	(kPa)	486.792						
Tensione massima al piano di posa	e,d	(kPa)	348.331						
Fattore sicurezza di capacità portante	Fs_bear	(-)	1.397	Rd/Ed	VERIFICA SODDISFATTA				

12.2 Casi sismici

12.2.1 Caso EQU - Verifica a ribaltamento

EQU - VERIFICA A RIBALTAMENTO	eccentricità riferite al punto di rotazione del plinto								
	Gvk (kN)	Qhk (kN)	e (m)	γ	Ve (kN)	He (kN)	Me (kNm)	Mst (kNm)	Mrb (kNm)
Peso plinto	25.000		0.50	0.9	22.50		11.25	11.25	0.00
Peso terreno	5.700		0.50	0.9	5.13		2.57	2.57	0.00
Sottospinta idraulica	0.000		0.50	0.9	0.00		0.00	0.00	0.00
Peso palo	0.860		0.50	0.9	0.77		0.39	0.39	0.00
Peso corpi illuminanti	0.160		0.50	0.9	0.14		0.07	0.07	0.00
Azione sismica		0.840	-9.00	1.5		1.26	-11.33	0.00	11.33
			0.10		28.55	1.26	2.94	14.27	11.33
Fattore di sicurezza a ribaltamento	1.259	VERIFICA SODDISFATTA							

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

Relazione di verifica di palo e fondazione per l'illuminazione stradale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	29 di 36

12.2.2 Approccio 1 - Combinazione A2 (A2+M2+R2)

Verifica a traslazione

	Gvk (kN)	Qhk (kN)	e (m)	γ	Ve (kN)	He (kN)	Me (kNm)
Peso plinto	25.000		0.50	1	25.00		12.50
Peso terreno	5.700		0.50	1	5.70		2.85
Sottospinta idraulica	0.000		0.50	1	0.00		0.00
Peso palo	0.860		0.50	1	0.86		0.43
Peso corpi illuminanti	0.160		0.50	1	0.16		0.08
Azione sismica		0.840	-9.00	1		0.84	-7.56
			0.26		31.72	0.84	8.30
VERIFICA A TRASLAZIONE							
Tangente angolo d'attrito terreno-fondazione caratt.	$\tan\delta'k$	(-)	0.431				
Tangente angolo d'attrito terreno-fondazione prog.	$\tan\delta'd$	(-)	0.345	$\tan\delta'k/1.25$			
Fattore sicurezza sulla resistenza	$\gamma R2$	(-)	1.100				
Forza orizzontale resistente	Rd	(kN)	9.95				
Fattore di sicurezza a traslazione	Fs, trs	(-)	11.85	VERIFICA SODDISFATTA			

Verifica di capacità portante

larghezza fondazione	B1	(m)	1.000						
Eccentricità baricentrica	eG	(m)	0.238						
larghezza fondazione ridotta	B1*	(m)	0.524						
lunghezza fondazione	L	(m)	1.000						
profondità fondazione	D	(m)	1.300						
Peso di volume terreno efficace	$\gamma't'd$	(kN/mc)	19.00						
Tangente angolo d'attrito caratt. terreno	$\tan\phi'k$	(-)	0.700						
Tangente angolo d'attrito terreno di prog.	$\tan\phi'd$		0.560	$\tan\phi'k/1.25$					
Angolo d'attrito terreno di progetto	$\phi'd$	(-)	29.26	0.511	(rad)				
Coesione drenata di progetto	c'd	(kPa)	0.00	c'k/1.25					
tensione efficace al piano di posa	q'	(kPa)	24.70						
carico verticale	N	(kN)	31.72						
carico orizzontale	H	(kN)	0.84						
m			1.656						
	$1/2 \gamma' B$	4.97		c'	0.00	q'	24.70		
	$N\gamma$	20.077		Nc	28.422	Nq	16.921	Brinch-Hansen (1970)	
fattori correttivi									
forma	s γ	0.791		sc	1.312	sq	1.293	Vesic (1975)	
profondità	d γ	1.000		dc	1.370	dq	1.348	Brinch-Hansen (1970)	
inclinazione del carico	i γ	0.931		ic	0.954	iq	0.957		
inclinazione della fondazione	b γ	1.000		bc	1.000	bq	1.000		
inclinazione del terreno	g γ	1.000		gc	1.000	gq	1.000		
TOTALE		73.517			0.000		696.908	770.425	qlim,d
								kPa	
Resistenza limite	qlim,d	(kPa)	770.425						
Fattore sicurezza sulla resistenza	$\gamma R2$	(-)	1.800						
Resistenza di progetto	r,d	(kPa)	428.014						
Tensione massima al piano di posa	e,d	(kPa)	80.782						
Fattore sicurezza di capacità portante	Fs bear	(-)	5.298	Rd/Ed	VERIFICA SODDISFATTA				

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

Relazione di verifica di palo e fondazione per
l'illuminazione stradale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	30 di 36

12.2.3 Approccio 2 - (A1+M1+R3)

Verifica a traslazione

	Gvk (kN)	Qhk (kN)	e (m)	γ	Ve (kN)	He (kN)	Me (kNm)
Peso plinto	25.000		0.50	1	25.00		12.50
Peso terreno	5.700		0.50	1	5.70		2.85
Sottospinta idraulica	0.000		0.50	1	0.00		0.00
Peso palo	0.860		0.50	1	0.86		0.43
Peso corpi illuminanti	0.160		0.50	1	0.16		0.08
Azione sismica		0.840	-9.00	1		0.84	-7.56
			0.26		31.72	0.84	8.30
VERIFICA A TRASLAZIONE							
Tangente angolo d'attrito terreno-fondazione caratt.	$\tan\delta'k$	(-)	0.431				
Tangente angolo d'attrito terreno-fondazione prog.	$\tan\delta'd$	(-)	0.431	$\tan\delta'k/1.00$			
Fattore sicurezza sulla resistenza	$\gamma R3$	(-)	1.100				
Forza orizzontale resistente	Rd	(kN)	12.44				
Fattore di sicurezza a traslazione	Fs, trs	(-)	14.81	VERIFICA SODDISFATTA			

Verifica di capacità portante

larghezza fondazione	B1	(m)	1.00						
Eccentricità baricentrica	eG	(m)	0.238						
larghezza fondazione ridotta	B1*	(m)	0.524						
lunghezza fondazione	L	(m)	1.00						
profondità fondazione	D	(m)	1.30						
Peso di volume terreno efficace	$\gamma't'd$	(kN/mc)	19.00						
Tangente angolo d'attrito caratt. terreno	$\tan\phi'k$	(-)	0.700						
Tangente angolo d'attrito terreno di prog.	$\tan\phi'd$		0.700	$\tan\phi'k/1.00$					
Angolo d'attrito terreno di progetto	$\phi'd$	(-)	35.00	0.611	(rad)				
Coesione drenata di progetto	c'd	(kPa)	0.00	c'k/1.00					
tensione efficace al piano di posa	q'	(kPa)	24.70						
carico verticale	N	(kN)	31.72						
carico orizzontale	H	(kN)	0.84						
m			1.656						
	$1/2 \gamma' B$	4.97		c'	0.00	q'	24.70		
	N γ	48.029		Nc	46.124	Nq	33.296	Brinch-Hansen (1970)	
fattori correttivi									
forma	s γ	0.791		sc	1.378	sq	1.367	Vesic (1975)	
profondità	d γ	1.000		dc	1.312	dq	1.303	Brinch-Hansen (1970)	
inclinazione del carico	i γ	0.931		ic	0.955	iq	0.957		
inclinazione della fondazione	b γ	1.000		bc	1.000	bq	1.000		
inclinazione del terreno	g γ	1.000		gc	1.000	gq	1.000		
TOTALE		175.87			0.00		1400.27	1576.13	qlim,d
Resistenza limite	qlim,d	(kPa)	1576.133						
Fattore sicurezza sulla resistenza	$\gamma R3$	(-)	2.300						
Resistenza di progetto	r,d	(kPa)	685.275						
Tensione massima al piano di posa	e,d	(kPa)	80.782						
Fattore sicurezza di capacità portante	Fs bear	(-)	8.483	Rd/Ed	VERIFICA SODDISFATTA				

12.3 Sintesi verifiche geotecniche plinto di fondazione

Approccio	Fs_ribaltamento	Fs_scorrimento	Fs_capacità portante
V. statica EQU	1.024		
V. statica A2+M2+R2		5.381	1.983
V. statica A1+M1+R3		5.830	1.397
V. sismica EQU	1.259		
V. sismica A2+M2+R2		11.852	5.298
V. sismica A1+M1+R3		14.815	8.483

12.4 Sollecitazioni palo

CONDIZIONI STATICHE - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE A2							
	Gvk (kN)	Qhk (kN)	e (m)	γ	Ve (kN)	He (kN)	Me (kNm)
Peso palo	0.860		0.00	1.00	0.860		0.000
Peso corpi illuminanti	0.160		0.00	1.00	0.160		0.000
Vento fusto		0.878	4.00	1.30		1.142	4.566
Vento corpo illuminante		0.544	8.00	1.30		0.708	5.661
					1.020	1.849	10.227
CONDIZIONI STATICHE - APPROCCIO 2 - COMBINAZIONE A1							
	Gvk (kN)	Qhk (kN)	e (m)	γ	Ve (kN)	He (kN)	Me (kNm)
Peso palo	0.860		0.00	1.00	0.860		0.000
Peso corpi illuminanti	0.160		0.00	1.00	0.160		0.000
Vento fusto		0.878	4.00	1.50		1.317	5.269
Vento corpo illuminante		0.544	8.00	1.50		0.816	6.532
					1.020	2.134	11.801
CONDIZIONI SISMICHE - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE A2							
	Gvk (kN)	Qhk (kN)	e (m)	γ	Ve (kN)	He (kN)	Me (kNm)
Peso palo	0.860		0.000	1.00	0.860		0.000
Peso corpi illuminanti	0.160		0.000	1.00	0.160		0.000
Azione sismica		0.840	8.000	1.00		0.840	6.717
					1.020	0.840	6.717
CONDIZIONI SISMICHE - APPROCCIO 2 - COMBINAZIONE A1							
	Gvk (kN)	Qhk (kN)	e (m)	γ	Ve (kN)	He (kN)	Me (kNm)
Peso palo	0.860		0.000	1.00	0.860		0.000
Peso corpi illuminanti	0.160		0.000	1.00	0.160		0.000
Azione sismica		0.840	8.000	1.00		0.840	6.717
					1.020	0.840	6.717

12.5 Verifiche strutturali palo

12.5.1 Verifica a taglio SLU

$$V_d = 2.13 \text{ kN}$$

$$V_r = A_v f_{yk} / (\sqrt{3} \gamma_{m0})$$

$$A_v = 2 * A / \pi = 2 / \pi * (\pi / 4 * (163^2 - 155^2)) = 1272 \text{ mm}^2$$

$$f_{yk} = 335 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{m0} = 1.05$$

$$V_r = 1272 * 335 / (\sqrt{3} * 1.05) * 10^{-3} = 234.31 \text{ kN} > V_d = 2.13 \text{ kN}$$

12.5.2 Verifica a flessione SLU

$$M_d = 11.801 \text{ kNm}$$

$$\varepsilon^2 = 0.66 \text{ (acciaio S355)}$$

$$d/t = 163/4 = 40.75 < 70 \varepsilon^2 = 46.2$$

La sezione è pertanto di classe 2; cautelativamente essa è dimensionata in classe 3.

$$M_r = W_e f_{yk} / \gamma_{m0}$$

$$W_e = J/d$$

$$J = \pi / 64 * (163^4 - 155^4) = 6318092 \text{ mm}^4$$

$$d = 163 \text{ mm}$$

$$W_e = J/d = 6318092 / 163 = 38761 \text{ mm}^3$$

$$M_r = W_e f_{yk} / \gamma_{m0} = 38761 * 355 / 1.05 * 10^{-6} = 13.10 \text{ kNm} > M_d = 11.801 \text{ kNm}$$

12.6 Sollecitazioni plinto

Tensione massima al piano di posa (Combinazione statica A1+M1+R1):

$$\sigma_{t,max} = 348.331 \text{ kPa}$$

Sollecitazioni massime:

$$V_d = (348.331 - 25 * 1.00) * 1.00 * 0.50 = 161.67 \text{ kN}$$

$$M_d = (348.331 - 25 * 1.00) * 1.00 * 0.50^2 / 2 = 40.12 \text{ kNm}$$

12.7 Verifiche strutturali plinto

12.7.1 Verifica a taglio SLU

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio				
Caratteristiche del calcestruzzo				
Classe di resistenza				C25/30
Resistenza caratteristica cubica	R _{ck}	N/mm ²		30
Resistenza caratteristica cilindrica	f _{ck}	N/mm ²		24.90
Fattore di sicurezza parziale sulla resistenza	γ _c	-		1.50
Ulteriore fattore di sicurezza sui materiali	F _s	-		1
Caratteristiche della sezione				
Larghezza della sezione	b _w	mm		1000
Altezza della sezione	h	mm		1000
Copriferro reale (distanza del centro ferro dal bordo)	c	mm		50
Sezione di armatura longitudinale di trazione ancorata	A _{sl}	mm ²		565
Sezione di calcestruzzo	A _c	mm ²		1000000
Altezza utile della sezione	d	mm		950
	k	-		1.459
	v _{min}	N/mm ²		0.308
	ρ ₁		0.0005947	≤0.02
Sollecitazioni				
Sforzo di taglio di calcolo	V _{sd}	kN		161.67
Sforzo normale di calcolo	N _{ed}	N		0
Tensione media di compressione nella sezione	σ _{cp}	N/mm ²		0
Verifica del conglomerato				
$((0.18 * k * (100 * \rho_1 * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \sigma_{cp}) * b_w * d) / F_s$	VR _{d1}	N	189562	kN
$((v_{min} + 0.15 \sigma_{cp}) * b_w * d) / F_s$	VR _{d2}	N	292347	kN
Max (VR _{d1} ;VR _{d2})	VR _d	N	292347	kN
Fattore di sicurezza per taglio	F _{s_V}	-		1.81
VERIFICA SODDISFATTA				

Relazione di verifica di palo e fondazione per l'illuminazione stradale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	34 di 36

12.7.2 Verifica a flessione SLU

Calcolo a SLU sezione rettangolare sollecitata a flessione					
Legame costitutivo acciaio - stress block					
Caratteristiche del calcestruzzo					
Classe di resistenza			C25/30		
Resistenza caratteristica cubica	Rck	N/mm ²	30		
Resistenza caratteristica cilindrica	f _{ck}	N/mm ²	24.90	0.83*Rck	
Coefficiente riduttivo per resistenza di lunga durata	α _{cc}	-	0.85		
Coefficiente parziale di sicurezza	γ _c	-	1.50		
Resistenza di calcolo a compressione	f _{cd}	N/mm ²	14.11	f _{ck} *α _{cc} /γ _c	
Caratteristiche dell'acciaio					
Tipo			B450C		
Resistenza caratteristica a snervamento	fyk	N/mm ²	450		
Coefficiente parziale di sicurezza	γ _s	-	1.15		
Resistenza di calcolo a snervamento	fyd	N/mm ²	391.30	fyk/γ _s	
Caratteristiche della sezione					
Larghezza della sezione	b	mm	1000		
Altezza della sezione	h	mm	1000		
Copriferro reale (distanza del centro ferro dal bordo)	c	mm	50		
Altezza utile della sezione	d		950	h - c	
Armatura inferiore					
numero ferri al lembo teso	nf	-	5		
diametro ferri	df	mm	12		
area complessiva ferri	As	mm ²	565	π/4 df ² nf	
Sollecitazioni					
momento di progetto	Msd	kNm	40.12		
Verifiche					
posizione asse neutro	x	mm	19.60	fyd As / (0.8 * fcd * b)	
braccio della coppia interna	Y	mm	942	d - 0.4 x	
forza di trazione armatura	Ts	kN	221.28	fyd As	
forza di compressione calcestruzzo	Cc	kN	221.28	0.8 fcd b x	
momento resistente	Mrd	kNm	208.48	Cc Y	
fattore di sicurezza a rottura	Fs	(-)	5.196	Mrd / Msd	

Relazione di verifica di palo e fondazione per l'illuminazione stradale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	35 di 36

12.7.3 Verifiche SLE

VERIFICA ALLO S.L.E. DI UNA SEZIONE RETTANGOLARE IN C.A.					
CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE					
Larghezza sezione	b	(mm)	1000		
Altezza sezione	h	(mm)	1000		
CARATTERISTICHE DELL'ARMATURA					
Armatura lembo inferiore (teso)					
Sezione armatura lembo inferiore	A _s	(mm ²)	565		
Copriferro lembo inferiore (teso)	c	(mm)	50		
Diametro armatura lembo inferiore (equivalente)	φ _{eq}	(mm)	12		
Interasse barre	i _b	(mm)	225 OK		280
Armatura lembo superiore (compresso)					
Sezione armatura lembo superiore	A' _s	(mm ²)	0		
Copriferro lembo inferiore (compresso)	c'	(mm)	50		
CARATTERISTICHE MECCANICHE					
Calcestruzzo					
Resistenza caratteristica cubica	R _{ck}	(N/mm ²)	30		
Acciaio					
Resistenza caratteristica allo snervamento	f _{yk}	(N/mm ²)	450		
Modulo elastico acciaio	E _s	(N/mm ²)	210000		
Coefficiente di omogeneizzazione	n	(-)	15		
CONDIZIONI AMBIENTALI					
Ordinarie, Aggressive, Molto Aggressive (OR/AG/MA)		(-)	OR		
SENSIBILITA' ARMATURE					
			Poco sensibili		
LIMITI TENSIONALI					
Combinazione quasi permanente					
Limite tensione compressione cls	σ _{c,qlim/fck}	(-)	0.40 fck (0.45)		
Combinazione rara					
Limite tensione compressione cls	σ _{c,ralim/fck}	(-)	0.55 fck (0.60)		
Tensione armatura lembo teso	σ _{s,ralim/fyk}	(-)	0.75 fyk (0.80)		
COEFFICIENTI CALCOLO DISTANZA MEDIA TRA LE FESSURE					
Carichi di breve durata/lunga durata (BD/LD)		(-)	LD		
Barre ad aderenza migliorata	k ₁		0.800		
Flessione semplice	k ₂		0.500		
	k ₃		3.400		
	k ₄		0.425		
MOMENTI DI PROGETTO					
Combinazione quasi permanente	M _{d,qp}	(Nmm)	40120000		
Combinazione frequente	M _{d,fr}	(Nmm)	40120000		
Combinazione rara	M _{d,ra}	(Nmm)	40120000		
VALORI NOMINALI LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE					
Combinazione quasi permanente	w _{lim,qp}	(mm)	0.300		
Combinazione frequente	w _{lim,fr}	(mm)	0.400		

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

Relazione di verifica di palo e fondazione per
l'illuminazione stradale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	LF0000 001	A	36 di 36

CARATTERISTICHE SEZIONE NON FESSURATA					
Ricoprimento armatura lembo inferiore	Cr	(mm)	44.00		
Altezza utile della sezione	d	(mm)	950.00		
Area	Atot	(mm ²)	1008475.00		
Momento statico riferito lembo superiore	S	(mm ³)	508051250.00		
Momento d'inerzia riferito lembo superiore	J*	(mm ⁴)	340982020833		
Distanza baricentro dal lembo superiore	yG	(mm)	503.78		
Momento d'inerzia sezione non fessurata	Jo	(mm ⁴)	85035098375		
Modulo di resistenza lembo inferiore	Winf	(mm ³)	171366308.72		
CARATTERISTICHE SEZIONE FESSURATA					
Distanza dell'asse neutro dal lembo compresso	x	(mm)	118.70		
Momento d'inerzia sezione fessurata	J	(mm ⁴)	6414212939		
CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO					
Resistenza caratteristica cilindrica	fck	(N/mm ²)	24.90		
Resistenza media cilindrica	fcm	(N/mm ²)	32.90		
Coefficiente di sicurezza CLS	γc	(-)	1.50		
Coefficiente durata carico	αc	(-)	0.85		
Resistenza media a trazione assiale	fctm	(N/mm ²)	2.56		
Modulo elastico secante	Ecm	(N/mm ²)	31447.16		
Momento di fessurazione	Mfes	(Nmm)	438375487.10		
VERIFICHE TENSIONALI					
Combinazione quasi permanente					
Tensione massima cls	σc,qp	(N/mm ²)	-0.74	VERIFICATO	9.96
Tensione armatura lembo teso	σs,qp	(N/mm ²)	77.99		
Tensione armatura lembo compresso	σs',qp	(N/mm ²)	-6.45		
Combinazione frequente					
Tensione massima cls	σc,fr	(N/mm ²)	-0.74		
Tensione armatura lembo teso	σs,fr	(N/mm ²)	77.99		
Tensione armatura lembo compresso	σs',fr	(N/mm ²)	-6.45		
Combinazione rara					
Tensione massima cls	σc,ra	(N/mm ²)	-0.74	VERIFICATO	13.70
Tensione armatura lembo teso	σs,ra	(N/mm ²)	77.99	VERIFICATO	337.50
Tensione armatura lembo compresso	σs',ra	(N/mm ²)	-6.45		
VERIFICA DI EFFETTIVA FESSURAZIONE					
Combinazione quasi permanente	Md,qp	(Nmm)	40120000	SEZIONE NON FESSURATA	
Combinazione frequente	Md,fr	(Nmm)	40120000	SEZIONE NON FESSURATA	
Combinazione rara	Md,ra	(Nmm)	40120000	SEZIONE NON FESSURATA	
CALCOLO DISTANZA MEDIA TRA LE FESSURE					
Altezza efficace	hceff	(mm)	125.00		
Area efficace	Aceff	(mm ²)	125000.00		
Rapporto As/Aceff	ρeff	(-)	0.00452		
Distanza media tra le fessure	Δsm	(mm)	353.4867257		
CALCOLO DEFORMAZIONE MEDIA DELLE BARRE					
Rapporto Es/Ecm	αe		6.67786822		
Fattore dipendente dalla durata del carico	kt		0.4		
CALCOLO AMPIEZZA CARATTERISTICA DELLA FESSURA					
Combinazione quasi permanente					
Tensione armatura lembo teso	σs,qp	(N/mm ²)	77.995		
Deformazione media della barra	εsm	(-)	0.0002228		
Ampiezza caratteristica della fessura	wk	(mm)	0.134	VERIFICATO	0.300
Combinazione frequente					
Tensione armatura lembo teso	σs,fr	(N/mm ²)	77.995		
Deformazione media della barra	εsm	(-)	0.0002228		
Ampiezza caratteristica della fessura	wk	(mm)	0.134	VERIFICATO	0.400
Combinazione rara					
Tensione armatura lembo teso	σs,ra	(N/mm ²)	77.995		
Deformazione media della barra	εsm	(-)	0.0002228		
Ampiezza caratteristica della fessura	wk	(mm)	0.134		