

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA  
U.O. IMPIANTI DI SEGNALAMENTO**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**LINEA A.V./A.C. MILANO-VERONA  
NODO DI BRESCIA  
POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE DELLO SCALO DI BRESCIA**

ELABORATI IMPIANTI DI SEGNALAMENTO

**Relazione di calcolo della fondazione per paline di segnalamento  
ferroviario in piano**

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA<sup>(3)</sup>/DISCIPLINA PROGR REV.

**I N 1 M 1 2 D 1 8 C L A S 0 0 0 0 0 0 1 A**

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	M. Russo <i>M. Russo</i>	11-2021	M. Russo <i>M. Russo</i>	11-2021	L. Barchi <i>L. Barchi</i>	11-2021	M. Gambaro 11-2021

File: IN1M12D18CLAS0000001A

n. Elab.:

## Sommario

1	PREMESSA E SCOPO .....	4
2	DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE .....	5
3	DOCUMENTI CORRELATI .....	6
4	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	6
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	8
5.1	OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO .....	8
5.1.1	MAGRONI.....	8
5.1.2	STRUTTURA IN FONDAZIONE:.....	8
5.1.3	ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO.....	11
5.1.4	PRESCRIZIONI TECNICHE.....	11
6	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA.....	13
6.1	PARAMETRI GEOTECNICI .....	13
6.2	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO AI FINI DEL CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA .....	13
7	MODELLO DI CALCOLO .....	14
7.1	CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI.....	14
7.2	MODELLAZIONE DELL'OPERA .....	14
8	AZIONI DI PROGETTO.....	16
8.1	APPROCCIO AGLI STATI LIMITE .....	16
8.2	PESO PERMANENTE STRUTTURALE - $G_1$ .....	17
8.3	PESO PERMANENTE NON STRUTTURALE - $G_2$ .....	17
8.4	CARICHI ACCIDENTALI.....	17
8.5	AZIONE DELLA NEVE.....	17
8.6	AZIONI DEL VENTO.....	17
8.7	PRESSIONE PER EFFETTI AERODINAMICI DEL TRENO.....	18
8.8	AZIONE SISMICA .....	20
8.9	COMBINAZIONI DI CARICO.....	20
9	RISULTATI ANALISI E VERIFICHE .....	22
9.1	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI.....	22
9.2	VERIFICHE DELLA CAPACITÀ PORTANTE .....	25
9.3	VERIFICA AL RIBALTAMENTO.....	30

**Relazione di calcolo della fondazione per paline di segnalamento ferroviario in piano**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INIM	12	D18CL	AS0000001	A	3 di 33

9.4	CEDIMENTI .....	30
9.5	VERIFICA DEL BLOCCO DI FONDAZIONE .....	32
10	CONCLUSIONI.....	33

## 1 PREMESSA E SCOPO

La presente relazione è parte integrante del progetto definitivo del potenziamento infrastrutturale dello scalo di Brescia.

Nello specifico è relativa al progetto della fondazione per le paline di segnalamento ferroviario.

La soluzione proposta è coerente con quanto indicato nell'allegato F del Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 3 di Rete Ferroviaria Italiana in termini di sollecitazioni agenti sul blocco di fondazione, ed è finalizzata al dimensionamento di una soluzione fondale valida per tutti i casi in cui l'infrastruttura ferroviaria si trovi in piano. Essa è costituita da un blocco di fondazione di tipo diretto, nel quale sarà annegata la palina.

A vantaggio di sicurezza, la velocità massima sulla linea considerata è di 250 km/h per il calcolo dell'azione del vento.

La soluzione di fondazione proposta nella presente relazione è stata studiata considerando un numero totale di segnali pari a 7 (3 segnali luminosi alti, 3 segnali bassi SILED ed 1 segnale freccia applicato superiormente ai segnali alti).

Le azioni considerate nel calcolo sono le seguenti:

- Peso proprio del sistema palina, scala e segnali, costituiti da plastica rinforzata in fibra di vetro;
- Pressione del vento;
- Sovrappressione dovuta agli effetti aerodinamici associati al passaggio dei convogli ferroviari;
- Presenza di un manutentore in sommità alla scala.

## 2 DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

Il sistema di fondazione progettato prevede un blocco in calcestruzzo armato di dimensioni pari a [Larghezza: 1,60 x Altezza: 1,50 x Profondità: 2,20]. Su di esso insiste una palina in PRFV da 6,50 m, annegata nel blocco di calcestruzzo. Sono stati considerati, cautelativamente, 7 segnali applicati: n° 3 segnali alti, n°3 segnali bassi e n°1 segnale freccia.

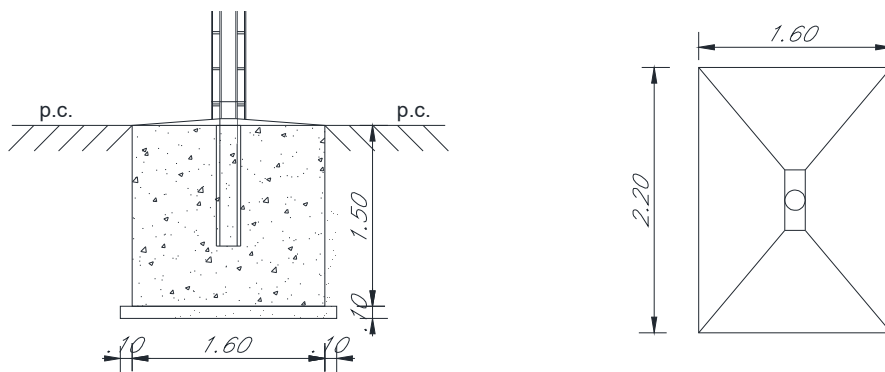


Figura 1: Soluzione di fondazione diretta in piano per paline di segnalamento

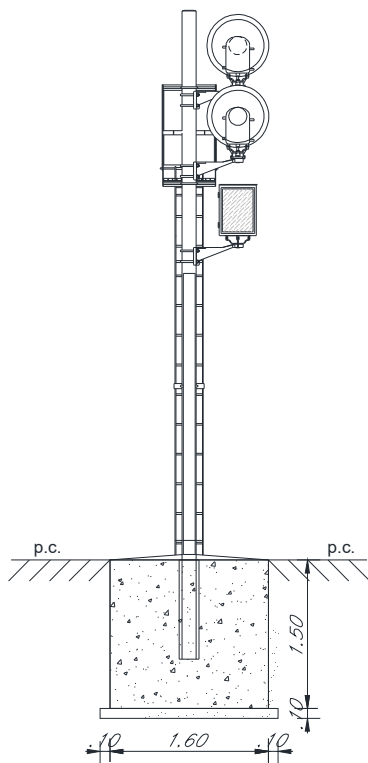


Figura 2: Sezione trasversale del sistema di segnalamento

### 3 DOCUMENTI CORRELATI

I documenti usati come input per il presente documento sono i seguenti:

- IN1M12D18PBOC0000001A – Fondazione per paline di segnalamento ferroviario in piano - Carpenterie e particolari  
IN1M10D26GEGE0005001A – Relazione geotecnica generale

### 4 RIFERIMENTI NORMATIVI

La progettazione è conforme alle normative vigenti.

1. **Norme Tecniche per le Costruzioni** - D.M. 17.01.2018 (NTC-2018)
2. **Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019** - Istruzioni per l'Applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
3. **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003**, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»;
4. **Decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri** dipartimento della protezione civile n. 3685 del 21/10/2003 recante disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'OPCM 3274.
5. **Legge n. 1086 del 5/11/1971**: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
6. **Legge n. 64 del 2/2/1974**: "Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
7. **D.M. LL.PP. del 11/03/1988**: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
8. **UNI EN 206:2016**: Calcestruzzo, "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
9. **UNI 11104:2016**: "Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206".
10. **CNR – DT 207 R1/2018** Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle

costruzioni.

11. **Eurocodice 2:** "Progettazione delle strutture di calcestruzzo" - 11/2005. UNI EN 1992.
12. **RFI DTC SI PS MA IFS 001 E** "Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II – Sezione 2 - Ponti e strutture".
13. **RFI DTC SI CS MA IFS 001 E** "Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II – Sezione 3 – Corpo stradale".
14. **RFI DTC SI SP IFS 001 E** "Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili".
15. **RFI TCSSTB NT IS 03 110 A** Notizia tecnica "Attrezzature di sostegno segnali in materiale P.R.F.V.".

## 5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera in esame si impiegheranno calcestruzzo e acciaio in accordo ai Par. 11.2 e 11.3 delle NTC2018. Nell'approccio agli stati limite, i valori di calcolo delle resistenze dei materiali per le verifiche agli SLU si ottengono dividendo il valore caratteristico della generica resistenza  $r_k$  per il coefficiente di sicurezza del materiale relativo  $\gamma$ :

$$r_d = \frac{r_k}{\gamma}$$

È previsto, pertanto, l'utilizzo dei seguenti materiali, dei quali, di seguito, si riportano le caratteristiche meccaniche.

### 5.1 OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO

Per i calcestruzzi si fa riferimento alle normative UNI EN 206 (Specificazione, prestazione, produzione e conformità) e UNI 11104 (Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206).

#### 5.1.1 MAGRONI

- **Classe di resistenza:** C12/15
- **Resistenza caratteristica cubica:**  $R_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$
- **Resistenza caratteristica cilindrica:**  $f_{ck} = 12 \text{ N/mm}^2$
- **Classe di esposizione:** XC2 UNI EN 206
- **Classe di consistenza slump:** S3
- **Contenuto minimo di cemento:** 150 Kg/m<sup>3</sup>
- **Rapporto A/C:**  $\leq 0.60$
- **Acqua:** Conforme a UNI EN 1008
- **Cemento:** CEM II/B-M 32.5 R (Conf. UNI-EN 197/1)

#### 5.1.2 STRUTTURA IN FONDAZIONE:

- **Classe di resistenza:** C25/30
- **Classe di esposizione:** XC2 UNI EN 206



Relazione di calcolo della fondazione per paline di segnalamento ferroviario in piano

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INIM	12	D18CL	AS0000001	A	9 di 33

- **Classe di consistenza slump:** S4
- **Contenuto minimo di cemento:** 320 Kg/m<sup>3</sup>
- **Rapporto A/C:** ≤ 0.6
- **Aggregato:** Conforme a UNI EN 12620
- **Massima dimensione aggregato:** 25 mm
- **Copriferro:** 40 mm
- **Acqua:** Conforme a UNI EN 1008
- **Cemento:** CEM IV/A 42.5 R (Conf. UNI-EN 197/1)
- **Resistenza caratteristica cubica:** R<sub>ck</sub> = 30 N/mm<sup>2</sup>
- **Coefficiente sicurezza SLU** γ<sub>C</sub> = 1,50
- **Resistenza di calcolo a compressione SLU** f<sub>cd</sub> = 0,85 f<sub>ck</sub> / γ<sub>C</sub> = 14.1 N/mm<sup>2</sup>
- **Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) SLU** f<sub>ctd</sub> = 0.7 f<sub>ctk</sub> / γ<sub>C</sub> = 1.19 N/mm<sup>2</sup>

		Fondazioni
R <sub>ck</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	30
f <sub>ck</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	25
f <sub>cm</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	33
α <sub>cc</sub>	(-)	0,85
γ <sub>C</sub>	(-)	1,5
f <sub>cd</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	14.17
f <sub>ctm</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	2,56
f <sub>ctk</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	1,79
f <sub>ctd</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	1.19
f <sub>cfm</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	3,07
f <sub>cfk</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	2,15
E <sub>c</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	31476

Dove:

R<sub>ck</sub> = Resistenza cubica caratteristica a compressione

f<sub>ck</sub> = 0.83·R<sub>ck</sub> = Resistenza cilindrica caratteristica

$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ (N/mm}^2\text{)} = \text{Resistenza cilindrica media a compressione}$

$\alpha_{cc} = \text{Coefficiente per effetti a lungo termine e sfavorevoli: } \alpha_{cc} \text{ (t > 28gg)} = 0.85$

$\gamma_c = 1.5$ ; viene ridotto a 1.4 per produzioni continuative di elementi o strutture soggette a controllo continuativo del calcestruzzo dal quale risulti un coefficiente di variazione (rapporto tra scarto

quadratico medio e valore medio della resistenza) non superiore al 10%.  $f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \text{Resistenza}$

di calcolo a compressione

$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3}$  [per classi  $\leq C50/60$ ] = Resistenza cilindrica media a trazione

$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = \text{Resistenza cilindrica caratteristica a trazione}$

$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \text{Resistenza di calcolo a trazione}$

$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = \text{Resistenza media a trazione per flessione}$

$f_{cfk} = 0.7 \cdot f_{cfm} = \text{Resistenza cilindrica caratteristica a trazione}$

$E_{cm} = 22000 \cdot \left( \frac{f_{cm}}{10} \right)^{0.3} = \text{Modulo Elastico}$

### 5.1.3 ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO

Acciaio per c.a. tipo B 450 C secondo DM 14.01.2018 avente le seguenti caratteristiche:

- **Tensione caratteristica di snervamento**  $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$
- **Tensione caratteristica di rottura**  $f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$
- **Rapporto**  $1,15 < (f_t/f_y)_k < 1,35$  (frattile 10%)
- **Rapporto**  $(f_y/f_{y,nom})_k < 1,25$  (frattile 10%)
- **Allungamento**  $(A_{gt})_k > 7,5\%$  (frattile 10%)
- **Coefficiente sicurezza SLU**  $\gamma_s = 1,15$
- **Resistenza di calcolo SLU**  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391,30 \text{ N/mm}^2$
- **Tensione di calcolo SLE**  $\sigma_{y,ad} = 0,75 f_{yk} = 337,5 \text{ N/mm}^2$

### 5.1.4 PRESCRIZIONI TECNICHE

Di seguito si riportano i valori di copriferro minimo di progetto per le opere da realizzare

Copriferro minimo di progetto c (mm)	Descrizione
$c \geq 40 \text{ mm}$	Opere in conglomerato cementizio a contatto con il terreno

Con riferimento al punto 4.1.6.1.4 delle NTC 2018, si evince che le armature longitudinali devono essere interrotte ovvero sovrapposte preferibilmente nelle zone compresse o meno sollecitate. La continuità delle barre, nel caso in esame, sarà effettuata per sovrapposizione. La norma prevede che la lunghezza di sovrapposizione nel tratto rettilineo non deve essere mai minore di 20 volte il diametro della barra. In alcuni casi, come alle estremità delle travi continue, l'ancoraggio delle barre va eseguito con una piega a 90°: in questo caso la lunghezza della piega deve essere almeno pari a 5 volte il diametro della barra e comunque per motivazioni pratiche non inferiore a 10 cm.

Tenendo conto delle indicazioni riportate dalla norma e delle pratiche di buona progettazione, si assumono lunghezze di ancoraggio e di sovrapposizione almeno pari a 50 volte il diametro della barra

**Relazione di calcolo della fondazione per paline di segnalamento ferroviario in piano**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INIM	12	D18CL	AS0000001	A	12 di 33

## TOLLERANZE

Per le tolleranze di costruzione delle opere in calcestruzzo e carpenteria metallica si faccia riferimento a quanto riportato nel capitolato di costruzione di opere civili vigente, salvo diverse indicazioni riportate sugli elaborati di progetto.

La rispondenza dei materiali ai requisiti richiesti sarà valutata mediante le prescritte prove di accettazione.

## 6 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA

La presente relazione è finalizzata al dimensionamento di una soluzione fondale valida per tutti i casi in cui l'infrastruttura ferroviaria si trovi in piano. In tal caso si può assumere che sia il piano di posa che il piano campagna presentino un'inclinazione nulla rispetto all'orizzontale.

I parametri geotecnici considerati, e riportati di seguito, sono valori medi che si assume possano caratterizzare la maggior parte delle condizioni esistenti.

### 6.1 PARAMETRI GEOTECNICI

Ai fini del calcolo, coerentemente a quanto riportato nell'elaborato IN1M10D26GEGE0005001A – Relazione geotecnica generale, sono state considerate cautelativamente le seguenti caratteristiche del terreno in fondazione:

$\gamma$ [kN / m <sup>3</sup> ]	$\varphi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$E$ [MPa]	$\nu$ [–]
18,0	24,0	0	5,0	0,3

La quota della falda ( $z_w$ ) è stata assunta pari a 2 m al di sotto del piano campagna.

### 6.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO AI FINI DEL CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA

Si è ipotizzata una categoria di sottosuolo di tipo "C", ovvero "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

In ogni caso, trattandosi di una struttura leggera, l'azione del sisma non risulta dimensionante.

## 7 MODELLO DI CALCOLO

### 7.1 CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI

La fondazione è stata dimensionata e verificata con apposito foglio di calcolo elettronico, mentre le sollecitazioni alla base sono state ricavate dall'Allegato F - sezione III del MdP al cui interno è riportata la modellazione della palina IS mediante il software di calcolo agli elementi finiti SAP2000.

### 7.2 MODELLAZIONE DELL'OPERA

È stato realizzato un modello agli elementi finiti per l'altezza della palina pari a 5,50 m, tramite elementi "beam". La palina è stata modellata come incastrata al piede in corrispondenza della quota d'estradosso dello zoccolo della base in calcestruzzo, mentre la scala è stata modellata come incernierata al piede.

I segnali sono stati modellati come nodi collegati rigidamente alla palina e ai quale sono stati applicati i rispettivi carichi; i nodi che simulano i tre segnali alti hanno distanza dall'asse della palina pari 0,53 m in direzione -X mentre le rispettive altezze sono:  $H_1=3,77$  m,  $H_2=4,57$  m e  $H_3 = 5,37$  m.

I segnali bassi sono stati modellati con un unico nodo di altezza  $H_4=1,80$  m a distanza di 0,53 m, in direzione Y, dall'asse della palina e al quale sono state applicate le sollecitazioni complessive corrispondenti a 3 segnali.

L'altezza di applicazione del segnale freccia è  $H_5 = 5,50$  m e la sua distanza dall'asse della palina è di 0,53 m in direzione -X.

Il diametro della palina è pari a 169 mm mentre lo spessore è pari a 10 mm.

La scala è stata modellata come una trave di peso equivalente all'elemento reale.

Relazione di calcolo della fondazione per paline di segnalamento ferroviario in piano

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INIM	12	D18CL	AS0000001	A	15 di 33

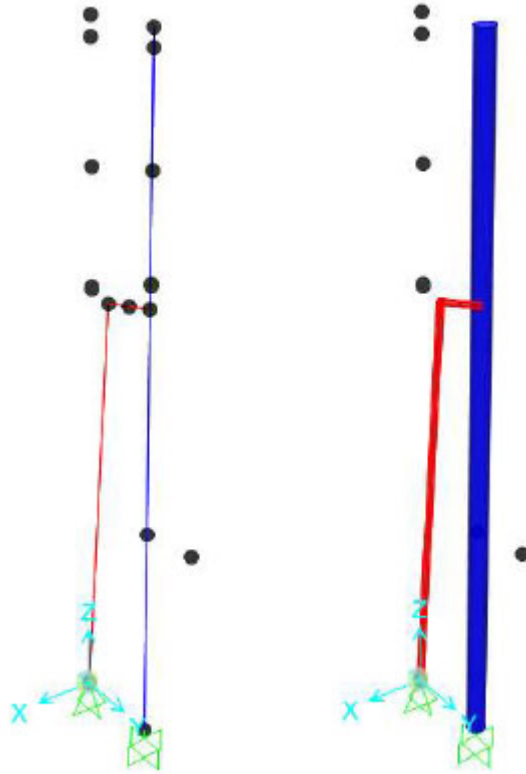


Figura 3: Vista tridimensionale del modello di calcolo

## 8 AZIONI DI PROGETTO

### 8.1 APPROCCIO AGLI STATI LIMITE

Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) è stato adottato l'Approccio 2; con il quale si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le Azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale (R).

Nel calcolo secondo le NTC2018, è necessario distinguere i parametri geotecnici caratteristici ( $X_k$ ) e le azioni caratteristiche ( $F_k$ ) dai parametri geotecnici di calcolo ( $X_d$ ) e le azioni di calcolo ( $F_d$ ).

Per le verifiche allo Stati Limite Ultimo, i valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici applicando opportuni coefficienti di sicurezza parziali ( $\gamma$ ) alle azioni, ai parametri geotecnici del terreno ed alla resistenza del sistema geotecnico:

$$X_d = \frac{X_k}{\gamma_X} \quad \text{Parametro geotecnico di calcolo}$$

$$F_d = F_k \cdot \gamma_F \quad \text{Azione di calcolo}$$

$$R_d = \frac{R(F_d; X_d)}{\gamma_R} \quad \text{Resistenza di calcolo}$$

I valori dei coefficienti parziali per le azioni risultano i seguenti.

Tab. 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_R$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2$ <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

I valori delle azioni di seguito riportati sono stati considerati come valori caratteristici nelle verifiche agli Stati Limite.



## 8.2 PESO PERMANENTE STRUTTURALE - $G_1$

Il peso proprio del sistema di segnalamento è calcolato automaticamente dal programma (Peso specifico PRFV,  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ ), mentre il peso proprio del blocco in c.a. è pari a 132 kN.

## 8.3 PESO PERMANENTE NON STRUTTURALE - $G_2$

I carichi permanenti non strutturali da considerare sono relativi ai segnali. È stato considerato un incremento del 50% per tener conto del peso della mensola di collegamento e di eventuali elementi accessori.

Segnale alto 1 + cuffia [kN]	0,45
Segnale alto 2 + cuffia [kN]	0,45
Segnale alto 3 + cuffia [kN]	0,45
Segnale freccia + cuffia [kN]	0,45
Segnale basso 1 + cuffia [kN]	0,65
Segnale basso 2 + cuffia [kN]	0,65
Segnale basso 3 + cuffia [kN]	0,65

## 8.4 CARICHI ACCIDENTALI

È stata considerata l'eventuale presenza di un manutentore e dell'attrezzatura da lavoro sulla sommità della scala applicando un carico concentrato di 2 kN.

## 8.5 AZIONE DELLA NEVE

Si trascurano gli effetti dovuti all'azione della neve in quanto ritenute non dimensionanti

## 8.6 AZIONI DEL VENTO

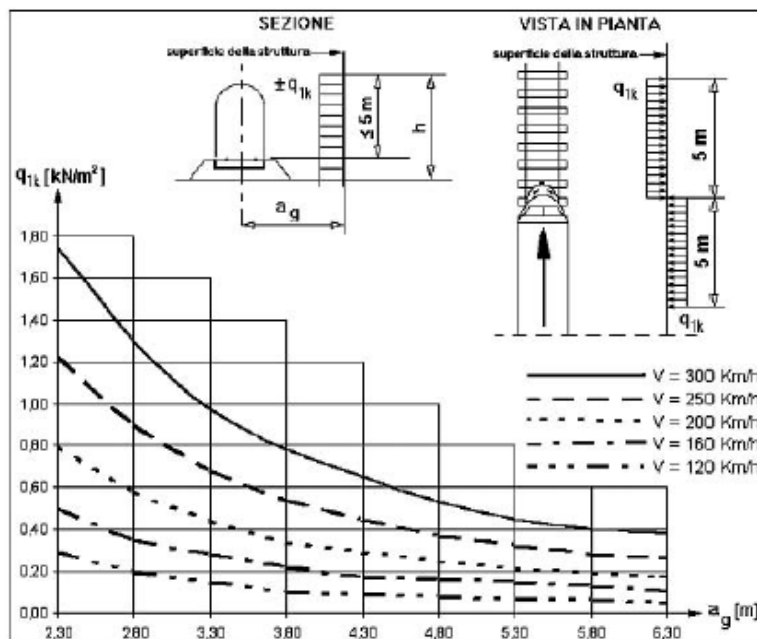
È stata assegnata una pressione del vento variabile e di intensità massima 3,66 kN/m<sup>2</sup> sui segnali

e pari a 2 kN/mq sulla palina, agente ortogonalmente alla superficie considerata, secondo le seguenti assunzioni: velocità base di riferimento al livello del mare ( $v_{b,0}$ ) pari a 30 m/s, coefficienti di altitudine ( $c_a$ ) e di ritorno ( $c_r$ ) unitari, coefficiente di topografia ( $c_t$ ) pari a 1,493, coefficienti di pressione ( $c_p$ ) pari a 1,8 per i segnali e unitario per la palina, coefficiente dinamico ( $c_d$ ) pari a 1, coefficiente di esposizione valutato considerando una categoria di esposizione del sito di tipo II.

## 8.7 PRESSIONE PER EFFETTI AERODINAMICI DEL TRENO

La pressione indotta dagli effetti aerodinamici del treno è stata applicata staticamente.

Si osserva che la distanza del montante dall'asse del binario è pari a 2,97 m. Dall'abaco 5.2.2.6.1 delle NTC'18 si è assunto cautelativamente per  $V = 250$  km/h un valore della pressione aerodinamica di 1,17 kN/m<sup>2</sup> agente ortogonalmente alla superficie considerata



Le tabelle seguenti riassumono le azioni agenti sugli elementi costituenti il sistema di segnalamento; per la direzione X, trasversale alla linea ferroviaria, è riportata la somma di vento e pressione aerodinamica mentre per la direzione Y, parallela alla linea, è riportata la sola azione del vento.

Relazione di calcolo della fondazione per paline di segnalamento ferroviario in piano

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INIM	12	D18CL	AS0000001	A	19 di 33

DIREZIONE X			
spess. Palina [m]	0,169	p [kN/m]	0,54
spess. scala [m]	0,05	p [kN/m]	0,16
spess. Ballatoio [m]	0,05	p [kN/m]	0,16
Area trasv. segnale alto 3 [mq]	0,2	p [kN]	0,95
Area trasv. segnale alto 2 [mq]	0,2	p [kN]	0,91
Area trasv. segnale alto 1 [mq]	0,2	p [kN]	0,88
Area trasv. segnale freccia [mq]	0,2	p [kN]	0,97
Area trasv. segnale basso [mq]	1,02	p [kN]	4,50

DIREZIONE Y			
spess. Palina [m]	0,169	p [kN/m]	0,34
spess. scala [m]	0,02	p [kN/m]	0,04
Area long. segnale alto 3 [mq]	0,49	p [kN]	1,75
Area long. segnale alto 2 [mq]	0,49	p [kN]	1,66
Area long. segnale alto 1 [mq]	0,49	p [kN]	1,59
Area long. segnale freccia [mq]	0,30	p [kN]	1,11
Area long. segnale basso [mq]	0,38	p [kN]	1,23

## 8.8 AZIONE SISMICA

Si trascurano gli effetti dovuti alle azioni sismiche in quanto ritenute non dimensionanti.

## 8.9 COMBINAZIONI DI CARICO

Per le verifiche di resistenza sono state utilizzate le sollecitazioni derivanti dalle peggiori combinazioni tra peso proprio, pressione del vento, sovrappressioni aerodinamiche e carichi concentrati.

Per la combinazione dei singoli casi di carico si è adottata la seguente simbologia:

- “PP”, peso proprio del sistema palina – scala;
- “WIND”, azione del vento;
- “PAEROD”, pressione aerodinamica;
- “G2”, carichi permanenti non strutturali (peso dei segnali)
- “Q”, variabili (peso dell’operatore manutenzione e attrezzatura).

Con riferimento al caso specifico, per le verifiche si utilizza la combinazione A1+M1+R3 di coefficienti parziali prevista dall’approccio 2.

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_f$ (o $\gamma_g$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(3)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Per le verifiche agli stati limite ultimi (SLU) si è fatto riferimento alla combinazione fondamentale:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Le azioni del vento e della pressione aerodinamica sono state sommate e di conseguenza è stato utilizzato un solo coefficiente parziale di combinazione; nelle combinazioni 2, 4, 6 e 8 si è considerato il carico variabile “Q” moltiplicato per il solo coefficiente parziale ad esclusione del coefficiente riduttivo  $\psi$ .

Sono state, quindi, prese in considerazione le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione 1 (A1+M1+R3): 1 PP + 1,5 G2 + 1,5 (WIND + PAEROD)
- Combinazione 2 (A1 + M1 +R3): 1 PP + 1,5 G2 + 1,5 (WIND + PAEROD) + 1,5 Q
- Combinazione 3 (A1+M1+R3): 1 PP + 0,8 G2 + 1,5 (WIND + PAEROD)
- Combinazione 4 (A1 + M1 +R3): 1 PP + 0,8 G2 + 1,5 (WIND + PAEROD) + 1,5 Q
- Combinazione 5 (A1+M1+R3): 1,3 PP + 1,5 G2 + 1,5 (WIND + PAEROD)
- Combinazione 6 (A1 + M1 +R3): 1,3 PP + 1,5 G2 + 1,5 (WIND + PAEROD) + 1,5 Q
- Combinazione 7 (A1+M1+R3): 1,3 PP + 0,8 G2 + 1,5 (WIND + PAEROD)
- Combinazione 8 (A1 + M1 +R3): 1,3 PP + 0,8 G2 + 1,5 (WIND + PAEROD) + 1,5 Q
- Combinazione 9 (EQU +M1+R3): 0,9 PP + 0,8 G2 + 1,5 (WIND + PAEROD)

Per le verifiche in direzione  $\pm Y$  le combinazioni considerate non prevedono l'azione "PAEROD".

La Combinazione 9 è definita per verificare esclusivamente al ribaltamento l'intero sistema.

## 9 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE

### 9.1 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI.

Si riportano le sollecitazioni ottenute dalla combinazione dei carichi:

- Vento spingente in direzione + X, esternamente al binario

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
2	COMB1	Combination	-17,42	0,06	6,76	1,03	-54,72	3,24
2	COMB2	Combination	-17,42	-0,03	8,75	1,09	-54,72	3,24
2	COMB3	Combination	-17,42	0,03	3,84	0,56	-54,05	3,24
2	COMB4	Combination	-17,42	-0,06	5,83	0,62	-54,05	3,24
2	COMB5	Combination	-17,42	0,06	6,91	1,04	-54,72	3,24
2	COMB6	Combination	-17,42	-0,03	8,90	1,09	-54,72	3,24
2	COMB7	Combination	-17,42	0,03	3,99	0,56	-54,05	3,24
2	COMB8	Combination	-17,42	-0,07	5,98	0,62	-54,05	3,24
3	COMB1	Combination	-0,35	-0,06	-0,54	0,00	0,00	0,00
3	COMB2	Combination	-0,35	0,03	0,47	0,00	0,00	0,00
3	COMB3	Combination	-0,35	-0,03	-0,24	0,00	0,00	0,00
3	COMB4	Combination	-0,35	0,06	0,76	0,00	0,00	0,00
3	COMB5	Combination	-0,35	-0,06	-0,51	0,00	0,00	0,00
3	COMB6	Combination	-0,35	0,03	0,50	0,00	0,00	0,00
3	COMB7	Combination	-0,35	-0,03	-0,21	0,00	0,00	0,00
3	COMB8	Combination	-0,35	0,07	0,79	0,00	0,00	0,00

Relazione di calcolo della fondazione per paline di segnalamento ferroviario in piano

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INIM	12	D18CL	AS0000001	A	23 di 33

- Vento spingente in direzione - X, internamente al binario

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
2	COMB1	Combination	17,42	0,06	6,76	1,03	51,86	-3,24
2	COMB2	Combination	17,42	-0,03	8,75	1,09	51,86	-3,24
2	COMB3	Combination	17,42	0,03	3,84	0,56	52,53	-3,24
2	COMB4	Combination	17,42	-0,06	5,83	0,62	52,53	-3,24
2	COMB5	Combination	17,42	0,06	6,91	1,04	51,86	-3,24
2	COMB6	Combination	17,42	-0,03	8,90	1,09	51,86	-3,24
2	COMB7	Combination	17,42	0,03	3,99	0,56	52,53	-3,24
2	COMB8	Combination	17,42	-0,07	5,98	0,62	52,53	-3,24
3	COMB1	Combination	0,35	-0,06	-0,54	0,00	0,00	0,00
3	COMB2	Combination	0,35	0,03	0,47	0,00	0,00	0,00
3	COMB3	Combination	0,35	-0,03	-0,24	0,00	0,00	0,00
3	COMB4	Combination	0,35	0,06	0,76	0,00	0,00	0,00
3	COMB5	Combination	0,35	-0,06	-0,51	0,00	0,00	0,00
3	COMB6	Combination	0,35	0,03	0,50	0,00	0,00	0,00
3	COMB7	Combination	0,35	-0,03	-0,21	0,00	0,00	0,00
3	COMB8	Combination	0,35	0,07	0,79	0,00	0,00	0,00

Relazione di calcolo della fondazione per paline di segnalamento ferroviario in piano

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INIM	12	D18CL	AS0000001	A	24 di 33

- Vento spingente in direzione + Y

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
2	COMB1	Combination	0,00	-11,93	24,49	41,01	-1,43	-4,86
2	COMB2	Combination	0,00	-12,03	26,49	41,07	-1,43	-4,86
2	COMB3	Combination	0,00	-11,97	21,57	40,53	-0,76	-4,86
2	COMB4	Combination	0,00	-12,06	23,57	40,59	-0,76	-4,86
2	COMB5	Combination	0,00	-11,94	24,64	41,01	-1,43	-4,86
2	COMB6	Combination	0,00	-12,03	26,64	41,07	-1,43	-4,86
2	COMB7	Combination	0,00	-11,97	21,72	40,54	-0,76	-4,86
2	COMB8	Combination	0,00	-12,06	23,72	40,60	-0,76	-4,86
3	COMB1	Combination	0,00	-2,10	-18,27	0,00	0,00	0,00
3	COMB2	Combination	0,00	-2,00	-17,27	0,00	0,00	0,00
3	COMB3	Combination	0,00	-2,07	-17,98	0,00	0,00	0,00
3	COMB4	Combination	0,00	-1,97	-16,97	0,00	0,00	0,00
3	COMB5	Combination	0,00	-2,10	-18,24	0,00	0,00	0,00
3	COMB6	Combination	0,00	-2,00	-17,24	0,00	0,00	0,00
3	COMB7	Combination	0,00	-2,06	-17,95	0,00	0,00	0,00
3	COMB8	Combination	0,00	-1,97	-16,94	0,00	0,00	0,00



- Vento spingente in direzione - Y

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
2	COMB1	Combination	0,00	12,56	-11,18	-39,72	-1,43	4,86
2	COMB2	Combination	0,00	12,47	-9,19	-39,66	-1,43	4,86
2	COMB3	Combination	0,00	12,53	-14,10	-40,19	-0,76	4,86
2	COMB4	Combination	0,00	12,44	-12,11	-40,13	-0,76	4,86
2	COMB5	Combination	0,00	12,56	-11,03	-39,71	-1,43	4,86
2	COMB6	Combination	0,00	12,47	-9,04	-39,65	-1,43	4,86
2	COMB7	Combination	0,00	12,53	-13,95	-40,19	-0,76	4,86
2	COMB8	Combination	0,00	12,44	-11,96	-40,13	-0,76	4,86
3	COMB1	Combination	0,00	1,99	17,40	0,00	0,00	0,00
3	COMB2	Combination	0,00	2,09	18,41	0,00	0,00	0,00
3	COMB3	Combination	0,00	2,03	17,70	0,00	0,00	0,00
3	COMB4	Combination	0,00	2,12	18,70	0,00	0,00	0,00
3	COMB5	Combination	0,00	2,00	17,43	0,00	0,00	0,00
3	COMB6	Combination	0,00	2,09	18,44	0,00	0,00	0,00
3	COMB7	Combination	0,00	2,03	17,73	0,00	0,00	0,00
3	COMB8	Combination	0,00	2,12	18,73	0,00	0,00	0,00

## 9.2 VERIFICHE DELLA CAPACITÀ PORTANTE

Considerato che lo sforzo normale agente è, per tutte le combinazioni di carico considerate, definito quasi integralmente dal peso proprio del blocco di fondazione, ai fini delle verifiche si considerano le massime sollecitazioni taglianti e flettenti che si determinano con la combinazione di carico 6 per effetto delle azioni agenti in direzione +X.

**Fondazioni Dirette**  
**Verifica in tensioni efficaci**

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

$e_B$  = Eccentricità in direzione B ( $e_B = M_b/N$ )

$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = M_l/N$ ) (per fondazione nastriforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

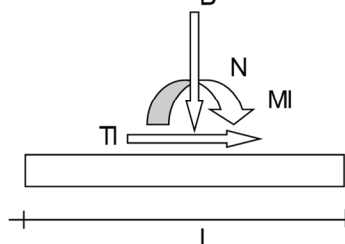
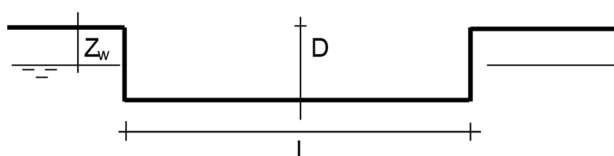
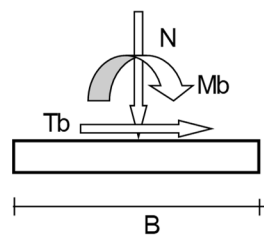
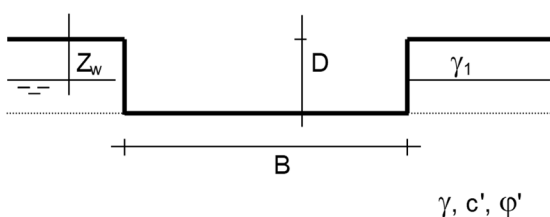
$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2 \cdot e_B$ )

$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2 \cdot e_L$ )

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

**coefficienti parziali**

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	$c'$	$q_{lim}$	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1,30	1,50	1,00	1,00	1,00
	A2+M2+R2	○	1,00	1,30	1,25	1,25	1,80
	SISMA	○	1,00	1,00	1,25	1,25	1,80
	A1+M1+R3	○	1,30	1,50	1,00	1,00	2,30
	SISMA	○	1,00	1,00	1,00	1,00	2,30
Tensioni Ammissibili	○	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00
Definiti dal Progettista	●	1,00	1,00	1,00	1,00	2,30	1,10

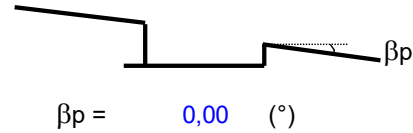
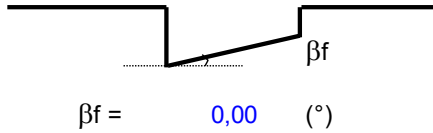


(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 1,60 (m)  
L = 2,20 (m)  
D = 1,50 (m)

**Relazione di calcolo della fondazione per paline di segnalamento ferroviario in piano**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INIM	12	D18CL	AS0000001	A	27 di 33



**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	180,60	0,00	180,60
Mb [kNm]	54,72		54,72
Ml [kNm]	0,00		0,00
Tb [kN]	17,42		17,42
Tl [kN]	0,00		0,00
H [kN]	17,42	0,00	17,42

*Peso unità di volume del terreno*

$\gamma_1 = 18,00 \text{ (kN/mc)}$   
 $\gamma = 18,00 \text{ (kN/mc)}$

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$c' = 0,00 \text{ (kN/mq)}$   
 $\varphi' = 24,00 \text{ (}^\circ\text{)}$

*Valori di progetto*

$c' = 0,00 \text{ (kN/mq)}$   
 $\varphi' = 24,00 \text{ (}^\circ\text{)}$

*Profondità della falda*

$Z_w = 2,00 \text{ (m)}$

$e_B = 0,30 \text{ (m)}$   
 $e_L = 0,00 \text{ (m)}$

$B^* = 0,99 \text{ (m)}$   
 $L^* = 2,20 \text{ (m)}$

**q : sovraccarico alla profondità D**

$q = 27,00 \text{ (kN/mq)}$

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$\gamma = 11,13 \text{ (kN/mc)}$

**$N_c, N_q, N_\gamma$  : coefficienti di capacità portante**

$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$

$N_q = 9,60$

$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$

$N_c = 19,32$

$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$

$N_\gamma = 9,44$

**$s_c, s_q, s_\gamma$  : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1,22$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1,20$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 0,82$$

 **$i_c, i_q, i_\gamma$  : fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B / L) / (1 + B / L) = 1,69 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90,00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L / B) / (1 + L / B) = 1,31 \quad m = 1,69 \quad (-)$$

( $m=2$  nel caso di fondazione nastriforme e  $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$  in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cot \varphi'))^m$$

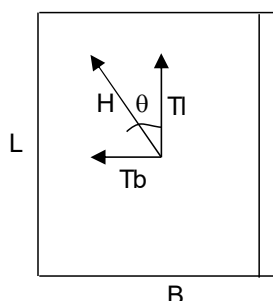
$$i_q = 0,84$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0,82$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cot \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0,76$$


 **$d_c, d_q, d_\gamma$  : fattori di profondità del piano di appoggio**

per  $D/B \leq 1$ ;  $d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B$

per  $D/B > 1$ ;  $d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) \cdot \arctan (D / B)$

$$d_q = 1,31$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_c = 1,34$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1,00$$

**Relazione di calcolo della fondazione per paline di segnalamento ferroviario in piano**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INIM	12	D18CL	AS0000001	A	29 di 33

**$b_c, b_q, b_\gamma$  : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_f \tan(\varphi'))^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0,00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1,00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$b_c = 1,00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1,00$$

**$g_c, g_q, g_\gamma$  : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan(\beta_p))^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0,00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1,00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$g_c = 1,00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1,00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 376,04 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 82,58 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 163,5 \geq q = 82,58 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**VERIFICA A SCORRIMENTO**

**Carico agente**

$$H_d = 17,42 \quad (\text{kN})$$

**Azione Resistente**

$$S_d = N \tan(\varphi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 80,41 \quad (\text{kN})$$

**Verifica di sicurezza allo scorrimento**

$$S_d / \gamma_R = 73,1 \geq H_d = 17,42 \quad (\text{kN})$$

### 9.3 VERIFICA AL RIBALTAMENTO

La verifica al ribaltamento del sistema è condotta eseguendo l'equilibrio alla rotazione attorno ad un asse rispetto al punto su cui si può avere il ribaltamento, come riportato nella figura seguente. Il blocco è interamente interrato, ma a vantaggio di sicurezza si trascurano le spinte del terreno. L'azione del vento tende a far ribaltare il sistema, mentre il peso proprio del blocco e degli accessori producono un momento stabilizzante.

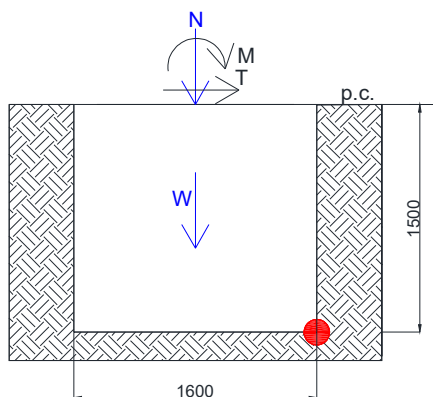


Figura 4: Schema di calcolo per la verifica al ribaltamento

La verifica è stata condotta per la combinazione 9.

$$M_{rib} = 80,85 \text{ kNm}$$

Il momento stabilizzante è dato dalla somma dei contributi dovuti a G1 e G2

$$M_{stab} = 0,9 G_1 B/2 + 0,8 G_2 B/2 = 98,88 \text{ kNm}$$

Per tanto il fattore di sicurezza risulta essere pari a

$$F.S. = M_{stab} / M_{rib} = 1,22 > R3 = 1,15.$$

### 9.4 CEDIMENTI

Per il calcolo dei cedimenti sotto la fondazione è necessario conoscere le tensioni indotte nel sottosuolo per applicazione del carico. Si fa riferimento al semispazio elastico, omogeneo e isotropo, con cui è possibile definire, in ogni punto del sottosuolo e per lo schema di carico assegnato, il valore delle tensioni indotte.

Ricavati ad ogni profondità  $z$  il corrispondente valore di  $\Delta\sigma_x$ ,  $\Delta\sigma_y$ ,  $\Delta\sigma_z$ , si ricava il corrispondente valore di  $\varepsilon_z$  attraverso l'espressione:

$$\varepsilon_z = (\Delta\sigma_z - \nu(\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y))/E$$

Anche per il calcolo dei cedimenti si fa riferimento alle azioni e sollecitazioni allo SLU-SLV.

Di seguito si riportano i calcoli effettuati in coerenza con quanto prescritto dalle NTC 2018 al § 6.4.2.2.

**DATI DI INPUT:**

- $B = 1,60$  (m) (Larghezza della Fondazione)  
 $L = 2,20$  (m) (Lunghezza della Fondazione)  
 $N = 180$  (kN) (Carico Verticale Agente)  
 $q = 51,14$  (kN/mq) (Pressione Agente ( $q = N/(B \cdot L)$ ))  
 $ns = 1$  (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da $z_i$	a $z_{i+1}$	$\Delta z_i$	E	$\nu$	$\delta_{ci}$
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m <sup>2</sup> )	(-)	(cm)
1		20,00	0,0	20,0	0,2	5000	0,30	1,57
-			0,0	0,0				-
-			0,0	0,0				-
-			0,0	0,0				-
-			0,0	0,0				-
-			0,0	0,0				-

$$\delta_{ctot} = 1,57 \text{ (cm)}$$

Il valore massimo totale del cedimento del basamento è 1,57 cm ed è tale da non rappresentare alcuna criticità.

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INIM	12	D18CL	AS0000001	A	32 di 33

Relazione di calcolo della fondazione per paline di segnalamento ferroviario in piano

## 9.5 VERIFICA DEL BLOCCO DI FONDAZIONE

Trattandosi di un plinto "alto" ( $H > B^*$  dove  $B^*$  rappresenta l'aggetto dal bordo della palina), si adotta un modello di calcolo a "traliccio" dove il conglomerato rappresenta la biella compressa (C) e l'armatura inferiore quella tesa (F). La giacitura della biella compressa in cls dipende dal punto di applicazione della risultante (R) delle pressioni sul terreno e dal punto posto in corrispondenza dell'estradosso della piastra di base ed arretrato rispetto al filo della palina di una quantità pari al suo lato per 0,15.

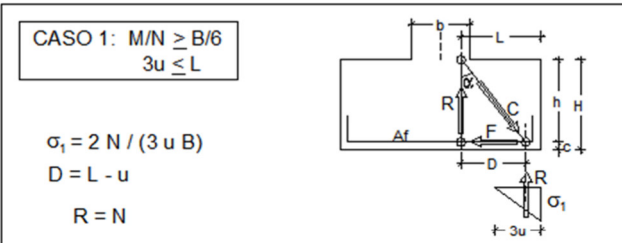
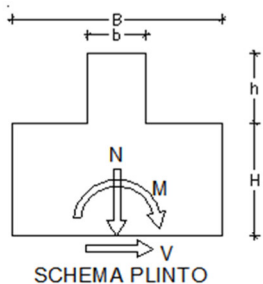
A vantaggio di sicurezza si suppone che ciascun traliccio debba sopportare i carichi agenti su una porzione di plinto di dimensioni in pianta pari a: **160 x 80 cm**

Si fa riferimento agli scarichi che il plinto induce sul terreno per vento parallelo ad X considerando i coefficienti A1 moltiplicativi delle azioni:

Scarico tot. base plinto	N [daN] =	<b>18.060</b>
Taglio tot. base plinto	V [daN] =	<b>1.742</b>
Momento base plinto	M [daNm] =	<b>5.472</b>



Preliminarmente si ricavano le tensioni di contatto tra plinto e terreno e le sollecitazioni negli elementi del traliccio resistente:



$e [m] = M / N = 0,30$

$B/6 [m] = 0,27$

$u [m] = B/2 - e = 0,50$

$3 u [m] = 1,49$

**CASO 2**

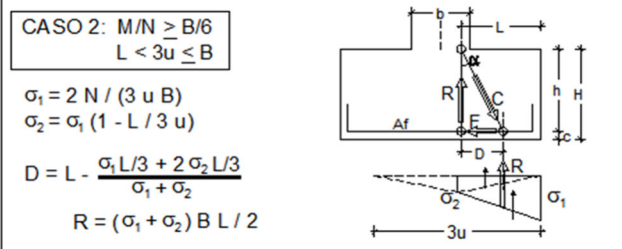
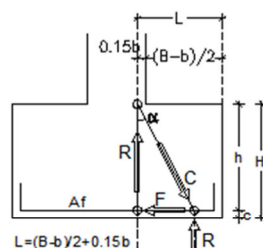
$\sigma_1 = 1,51 \text{ daN/cm}^2$

$\sigma_2 = 0,70 \text{ daN/cm}^2$

$\sigma_3 = 0,00 \text{ daN/cm}^2$

$D = 45 \text{ cm}$

$\text{tg} \alpha = 0,310$

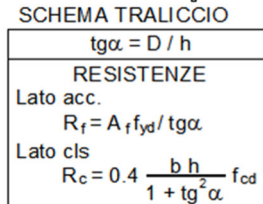
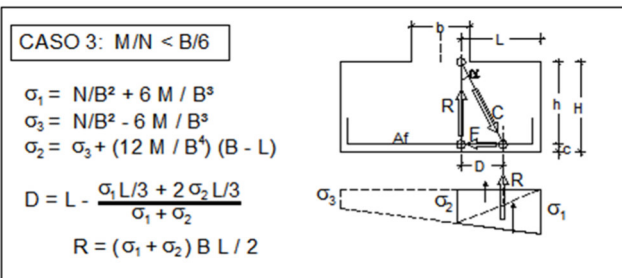


**SOLLECITAZIONI**

$R = 142 \text{ kN}$

$F = 44 \text{ kN}$

$C = 148 \text{ kN}$



La piastra di base presenta le seguenti armature:

Armatura sup.  $1\phi 16/20$

pari a 16,08 cm<sup>2</sup>

Armatura inf.  $1\phi 16/20$

pari a 16,08 cm<sup>2</sup>

Le resistenze risultano:

Lato Acciaio:

$R_f = 2.033 \text{ kN}$

$\eta = R_f / F = 46,31$

>1 - verifica soddisfatta

Lato Calcestruzzo:

$R_c = 11.997 \text{ kN}$

$\eta = R_c / C = 80,82$

>1 - verifica soddisfatta

Incidenza delle barre di armatura: 70 Kg/m<sup>3</sup>

## 10 CONCLUSIONI.

Dalle verifiche effettuate risulta che la struttura fondale oggetto della presente relazione è idonea a sostenere i carichi ad essa applicabili, sia da un punto di vista geotecnico che strutturale.