

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^A FASE LATO ROMA QUADRUPPLICAMENTO LINEA

GEOTECNICA

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
NR 4 5	0 0	R	2 9	R H	GE 0 0 0 5	0 0 2	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	Cons. INTEGRA	Feb. 2021	I. Siano	Feb. 2021	T. Paoletti	Feb. 2021	F. Arduini Feb. 2021

ITALFERR S.p.A.
Divisione Ricerca
Esercizio e Sviluppo Reti
Ufficio Studi Infrastrutture e Progettazione di Roma
11/02/2021

File: NR4500R29RHGE0005002A

n. Elab.:

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO E DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO	2
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	2
2.2	DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO.....	2
3.	ANALISI DEI CEDIMENTI DEI RILEVATI.....	4
3.1	CALCOLO DEI CEDIMENTI.....	6
3.1.1	<i>CEDIMENTO IMMEDIATO IN ASSE AL RILEVATO</i>	9
3.1.2	<i>DECORSO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO</i>	10

1. INTRODUZIONE

Il presente documento illustra il calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali previsti nel progetto di fattibilità tecnica ed economica del quadruplicamento ferroviario della tratta Capannelle – Ciampino appartenente alla linea Roma – Cassino e del PRG di Ciampino.

L'ubicazione della tratta in questione segue la linea rossa rappresentata in **Figura 1-1**.

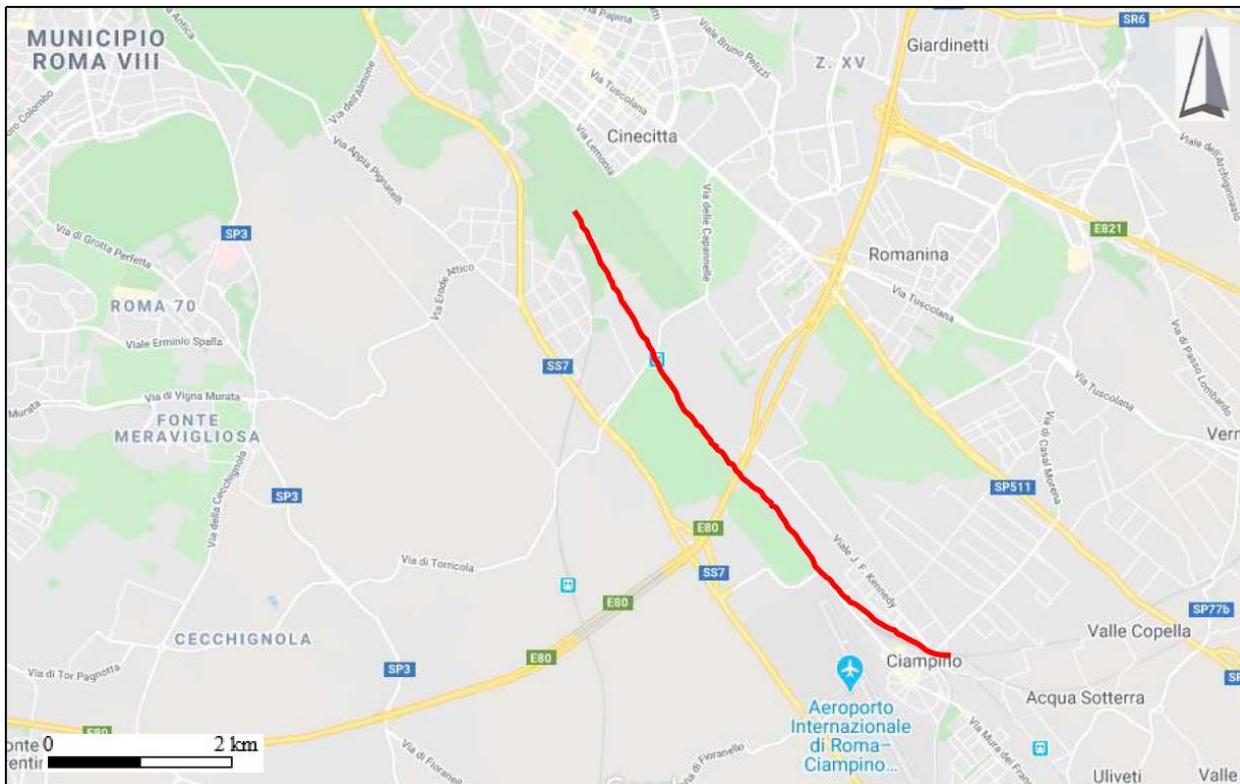


Figura 1-1 – Ubicazione del tracciato dell'opera in progetto

2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO E DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO**

2.1 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- 1) Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.30;
- 2) Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- 3) UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- 4) UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- 5) AGI (1977) Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- 6) AGI (2005) Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica. Linee guida.

2.2 **DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO**

- 7) ITALFERR – Relazione geotecnica generale (Doc. NR4500R29GEGE0005001)
- 8) ITALFERR – Profilo longitudinale tav. 1 (Doc. NR4500R29F6GE0005001)
- 9) ITALFERR – Profilo longitudinale tav. 2 (Doc. NR4500R29F6GE0005002)
- 10) ITALFERR – Profilo longitudinale tav. 3 (Doc. NR4500R29F6GE0005003)
- 11) ITALFERR – Profilo longitudinale tav. 4 (Doc. NR4500R29F6GE0005004)
- 12) ITALFERR – Relazione sui cedimenti dei rilevati ferroviari (Doc. NR4500R29RHGE0005001)
- 13) ITALFERR – Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali (Doc. NR4500R29RHGE0005002)
- 14) ITALFERR – Relazione di stabilità rilevati ferroviari (Doc. NR4500R29RHGE0005003)
- 15) ITALFERR – Relazione di stabilità rilevati stradali (Doc. NR4500R29RHGE0005004)
- 16) ITALFERR – Relazione di stabilità trincee stradali (Doc. NR4500R29RHGE0005005)



QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG
CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA

QUADRUPPLICAMENTO LINEA

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR45	00	R29	RHGE0005002	A	3 di 12

- 17) ITALFERR – Indagini geognostiche e prove in sito (Doc. NR4511D69SGGE0001001)
- 18) ITALFERR – Indagini geofisiche (Doc. NR4511D69IGGE0001001)
- 19) ITALFERR – Prove di laboratorio geotecnico (Doc. NR4511D69PRGE0005001)
- 20) ITALFERR – Relazione geologica, ideogeologica, geomorfologica e sismica (Doc. NR4511D69RGGE0001001)
- 21) ITALFERR – Profilo geologico (Doc. NR4511D69FZGE0001001)

3. ANALISI DEI CEDIMENTI DEI RILEVATI

Le verifiche effettuate si riferiscono al rilevato avente sezione trasversale con massima altezza (posta alla progressiva PK 2+427). Tale sezione viene associata alla stratigrafia dell'Area Geotecnica 2 (per la definizione delle Aree Geotecniche, si veda la Relazione geotecnica generale: Doc. NR4500D29GEGE0005001), ricadente tra le progressive PK 2+000 e PK 2+820, la quale, tra l'altro, rende massima la stima dei cedimenti (condizione più sfavorevole). Sebbene, infatti, tale area presenti valori di moduli di Young operativi migliori rispetto ad altre aree relative alla tratta in questione, lo strato superficiale $S(L)_1$ (v. **Tabella 3-2**), che poggiando su uno strato inferiore di roccia risulta l'unico ad essere interessato da cedimenti, risulta più profondo.

Data la stratigrafia dell'area in esame, il cedimento è costituito dalla sola componente immediata ed è calcolabile attraverso la seguente espressione:

$$w_i = \sum_{i,n} (\Delta\sigma_{zi} - \nu(\Delta\sigma_{xi} + \Delta\sigma_{yi})) h_i / E_i$$

essendo:

- w_i = somma dei cedimenti i-esimi;
- $\Delta\sigma_{zi}$, $\Delta\sigma_{xi}$, $\Delta\sigma_{yi}$ = incremento di tensione verticale ed orizzontale indotto dal carico di rilevato nello strato i-esimo, calcolato con la teoria di Boussinesq;
- h_i = spessore dello strato i-esimo;
- E_i modulo di elasticità dello strato i-esimo per terreni non coesivi: $E_i = 2 \cdot G \cdot (1 + \nu)$ con $G = G_0/3$;
- ν = coefficiente di Poisson = 0.3;
- n = numero di strati sabbioso-ghiaiosi presenti nella zona "compressibile" di spessore H.

Gli incrementi di tensione verticale e orizzontale sono stati valutati sulla base della teoria della elasticità, facendo riferimento ad aree di carico infinitamente flessibili (v. **Figura 3-1** e **Figura 3-2**).

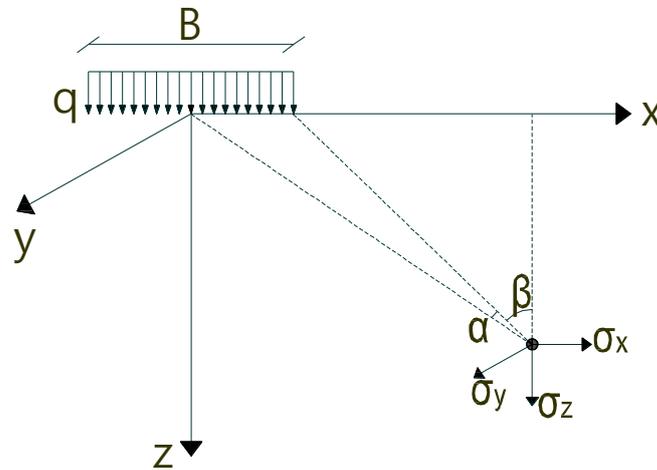


Figura 3-1 – Carico uniforme nastriforme: sistema di riferimento

$$\begin{cases} \sigma_z = \frac{q}{\pi} \cdot [\alpha + \text{sen}\alpha \cdot \cos(\alpha + 2\beta)] \\ \sigma_x = \frac{q}{\pi} \cdot [\alpha - \text{sen}\alpha \cdot \cos(\alpha + 2\beta)] \\ \sigma_y = \frac{2q}{\pi} \cdot u \cdot \alpha \end{cases}$$

Figura 3-2 – Carico uniforme nastriforme: incrementi di tensione

Lo spessore della zona compressibile H è stato stabilito sulla base dell'ipotesi che a profondità dove l'incremento delle tensioni medie risulta inferiore al 10% delle tensioni efficaci medie litostatiche, il contributo al cedimento è trascurabile e/o non attendibile.

3.1 CALCOLO DEI CEDIMENTI

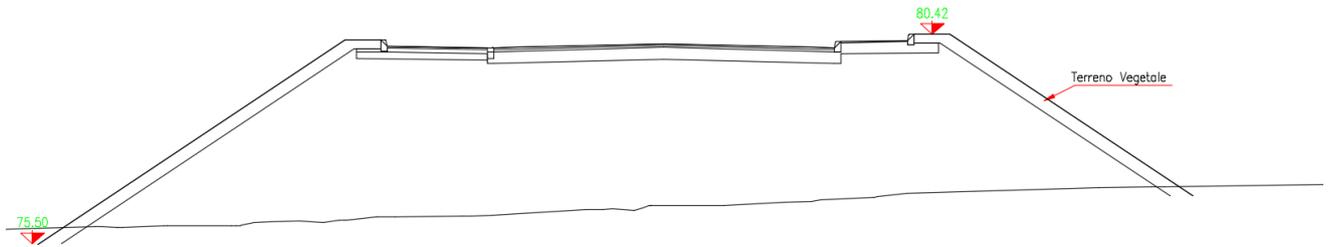


Figura 3-3 – rilevato stradale oggetto di studio

La sezione sottoposta a verifica, ubicata alla progressiva pk 2+427, è caratterizzata da un rilevato stradale avente un'altezza massima $H_{\max} = 4.09$ m ed una base $B = 26$ m. Il materiale costituente il rilevato ha un peso specifico pari a 20 kN/m^3 .

Geometria del rilevato

Ai fini del calcolo, il rilevato rappresentato in **Figura 3-3** viene schematizzato come una **striscia di carico rettangolare**, secondo gli schemi indicati di seguito:

- rettangolo equivalente a parità di altezza (v. Figura 3-4);
- rettangolo equivalente a parità di base (v. Figura 3-4).

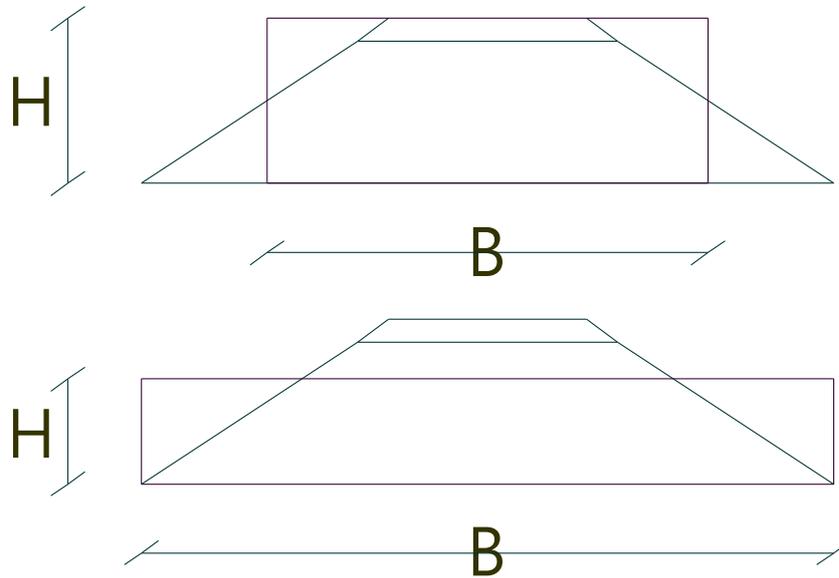


Figura 3-4 – rettangoli equivalenti a parità di altezza (sopra) e larghezza (sotto)

Ripetendo i calcoli per entrambi gli schemi di cui sopra, si è ottenuto un cedimento maggiore con il rettangolo equivalente a parità di altezza, per cui d'ora in poi si farà riferimento a tale schematizzazione, le cui dimensioni sono riportate in **Tabella 3-1**.

Tabella 3-1 Schematizzazione del carico uniforme nastriforme mediante rettangolo equivalente a parità di altezza

Rettangolo a parità di altezza	
H[m]	B[m]
4.09	20

Si analizzano i cedimenti dovuti alla realizzazione del nuovo rilevato. Il calcolo dei cedimenti è svolto in corrispondenza dell'asse del rilevato, in cui si manifestano i cedimenti massimi.

Stratigrafia e caratteristiche meccaniche dei terreni

La stratigrafia e le caratteristiche meccaniche dei terreni sono quelle dell' Area Geotecnica 4, di cui si ripropone la tabella dei parametri geotecnici presente riportati in Relazione geotecnica generale (Doc. NR4500R29GEGE0005001). L'attribuzione di tale sezione a detta area geotecnica è dovuta al fatto che lo strato deformabile superficiale si estende per una profondità massima rispetto alla profondità di tale strato su tutta la tratta, per cui risulta l'Area Geotecnica più gravosa nei confronti del calcolo dei cedimenti.

Tabella 3-2 Area Geotecnica 4: parametri geotecnici di riferimento

Da pk 3+700 a pk 4+230								
AREA GEOTECNICA	PROFONDITÀ	UNITÀ GEOTECNICA	γ_t [kN/m ³] di calcolo	c' (kPa) di calcolo	Φ' (°) di calcolo	Φ'_{cv} (°) di calcolo	E'_{op} (kPa) di calcolo	k_v (m/s) -
4	da 0 m a 35 m	$S(L)_1$	17.5	-	35	29	60 000	1.0 E-06
	da 35 m a 36 m	R_A	13.5	135	43	-	900 000	1.0E-07
	da 36 m a 45 m	R_B	13.5	34	24	-	100 000	1.0E-07
	da 45 m a 50 m	R_C	13.5	690	63	-	7 000 000	1.0E-07

Analisi dei carichi

In base al §3.8.1.3.4.2 del "Manuale di Progettazione delle Opere Civili Parte II - Sezione 3 Corpo Stradale", il calcolo dei cedimenti deve essere svolto tenendo conto esclusivamente dei carichi permanenti.

La pressione Q dovuta al carico permanente tiene conto del peso del rilevato e della sovrastruttura stradale ed è pari a 79.7 kN/m².



QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO-CAPANNELLE E PRG
CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA

QUADRUPPLICAMENTO LINEA

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR45	00	R29	RHGE0005002	A	10 di 12

3.1.2 DECORSO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

Data la natura dei terreni presenti nell'area oggetto di interesse (terreni sabbiosi), è possibile affermare che i cedimenti sono esclusivamente di natura immediata e che, pertanto, si può ritenere che saranno completamente espletati al termine della realizzazione del rilevato.