

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO ESECUTIVO

CAVALCAFERROVIA SP153 LINEA III VALICO - ALLA PK37+407

Relazione geotecnica

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing.E. Pagani	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 3	E	C V	R B	I V 1 3 0 X	0 0 1	A

Progettazione:								
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	D. Fanti 	16/06/2016	S.Fuoco 	16/06/2016	A. Mancarella 	16/06/2016	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n.Elab.:	File:IG51-03-E-CV-RB-IV13-0X-001-A00
----------	--------------------------------------

CUP: F81H9200000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-03-E-CV-RB-IV13-0X-001-A00
Relazione geotecnica

Foglio
2 di 15

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-03-E-CV-RB-IV13-0X-001-A00 Relazione geotecnica</p> <p>Foglio 3 di 15</p>

INDICE

1. INTRODUZIONE	6
2. PROFILO STRATIGRAFICO E STRATIGRAFIA DI PROGETTO.....	7
2.1. Contesto geologico	7
2.2. Contesto idrogeologico	7
2.3. Indagini in sito considerate	11
2.4. Stratigrafia nella zona di realizzazione delle opere	11
2.5. Livello piezometrico	12
3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO.....	13

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-03-E-CV-RB-IV13-0X-001-A00 Relazione geotecnica</p>	<p>Foglio 4 di 15</p>

INDICE FIGURE

<p>Figura 1 - Profilo geologico in prossimità del cavalcaferrovia con indicazioni dei sondaggi ed indicazione dei valori di permeabilità (i valori di permeabilità sono espressi in m/s).....</p>	<p>9</p>
<p>Figura 2 - Grafico dei risultati delle prove di permeabilità eseguite in prossimità dell'area di realizzazione del cavalcaferrovia IV14.....</p>	<p>10</p>

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG51-03-E-CV-RB-IV13-0X-001-A00 Relazione geotecnica</p>	<p>Foglio 5 di 15</p>

INDICE TABELLE

Tabella -1. Sondaggi nell'area di realizzazione del cavalcaferrovia.	11
Tabella -2. Dettaglio risultanze delle prove SPT in foro nell'area del cavalcaferrovia.	12
Tabella -3. Stratigrafia di progetto per l'area in esame.	12
Tabella -4. Caratteristiche di base dei materiali geotecnici.	13
Tabella-5. Caratteristiche di progetto dei materiali geotecnici per la zona del cavalcaferrovia.	14

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-03-E-CV-RB-IV13-0X-001-A00 Relazione geotecnica	Foglio 6 di 15

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito del progetto della linea ferroviaria Alta Capacità Milano - Genova "Terzo Valico dei Giovi" e delle viabilità interferenti o di compensazione, la seguente relazione è relativa agli aspetti geotecnici del cavalcaferrovia della Strada Provinciale 153 (Categoria F1 extraurbana D.M. 05/11/2001). L'opera in oggetto ricade a pk. Km 37+407 della linea AC suddetta.

La caratterizzazione geotecnica è stata definita sulla base dei dati ottenuti dalle varie campagne di indagini eseguite. Di seguito viene riportato un breve inquadramento geologico e poi la caratterizzazione geotecnica con la presentazione dei parametri da utilizzare in fase progettuale.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-03-E-CV-RB-IV13-0X-001-A00 Relazione geotecnica
	Foglio 7 di 15

2. PROFILO STRATIGRAFICO E STRATIGRAFIA DI PROGETTO

2.1. Contesto geologico

L'opera oggetto del presente rapporto è situata in un settore di pianura, caratterizzato dalla successione di depositi alluvionali del Bacino di Alessandria (Pleistocene inf - Olocene) che poggiano in discontinuità sulla successione sedimentaria post-messiniana, rappresentata in questo settore dalla Formazione delle argille Azzurre (Zancleano), dalle Sabbie d'Asti I.s. e dal "Villafranchiano" p.p. auct.

Dal punto di vista geologico l'area d'intervento ricade interamente nell'ambito dei depositi alluvionali del bacino alessandrino ed in particolare nell'unità dei depositi alluvionali recenti (FL3). I depositi alluvionali recenti sono posizionati in aree prossime all'alveo del T. Scrivia e sono delimitati a est dallo stesso corso d'acqua e ad ovest dall'orlo di terrazzo di Novi Ligure - Formigaro ad orientazione nord ovest-sud est. Terrazzo alla cui base doveva posizionarsi un paleo-alveo dello Scrivia che dalla zona di Serravalle raggiungeva e attraversava l'attuale centro di Pozzolo e da qui proseguiva verso ovest secondo un tracciato corrispondente all'attuale Rio di Castel Gazzo. Lo spostamento successivo dell'alveo a est di Pozzolo e poi ancora verso est sino al raggiungimento della posizione attuale ha conformato questo tratto di pianura che viene attribuito al fluviale recente. Fluviale recente che si eleva, rispetto all'alveo attuale dello Scrivia, di 20 m nel tratto di monte (zona di Serravalle-Novì) e di 5 metri nel tratto di valle (tra Rivalta Scrivia e Tortona).

Il fluviale recente (FL3) comprende terreni a granulometria grossolana con ghiaie nettamente prevalenti (70-80%) sulle sabbie (10-20%) e sulle parti più fini (limo+argilla) 10-20%.

La litofacies è distribuita su gran parte dell'area di pianura interessata dal tracciato del III Valico. Nel tratto meridionale, a ridosso dell'imbocco nord della Galleria di Serravalle, si evidenziano modesti spessori (circa 4 m) di ghiaie sabbioso-limose che ricoprono la formazione delle Argille Azzurre. Verso nord, in corrispondenza della progressiva 37+500 ca., si osserva un rapido incremento dello spessore dei sedimenti, che passa da 3-4 m a oltre 30 m; tale spessore aumenta ulteriormente verso nord.

2.2. Contesto idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico, il settore in cui ricade il cavalcaferrovia (IV13) è caratterizzato dalla presenza di un acquifero superficiale a falda libera costituito da depositi alluvionali di pianura. Il substrato impermeabile o poco permeabile è invece costituito dalle Argille di Lugagnano. I depositi sono di tipo fluviale recente (fl3) e sono costituiti da ghiaie sabbioso-limose con percentuali variabili di matrice fine. Al tetto dei depositi è presente un suolo agricolo dello spessore di ca. 1÷2 m che ha scarsa rilevanza ai fini idrogeologici.

Il cavalcaferrovia si inserisce in un contesto generale in cui si è visto che la permeabilità dei terreni è sensibilmente variabile sia in senso orizzontale sia verticale. In particolare, i terreni ubicati nell'orizzonte superiore ed inferiore dei depositi alluvionali hanno permeabilità differenti, con il primo orizzonte che presenta valori generalmente superiori al secondo. Un'indicazione sui valori di

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-03-E-CV-RB-IV13-0X-001-A00 Relazione geotecnica
	Foglio 8 di 15

permeabilità dell'orizzonte superiore dei depositi fl3 deriva dalle prove idrauliche eseguite per il Progetto Definitivo sui pozzi esplorativi eseguiti tra Pozzolo Formigaro e Tortona, Tali prove sono state effettuate in trincee scavate fino ad una profondità di 1.5 m da pc. Le prove realizzate indicano una permeabilità compresa tra 2×10^{-4} m/s e 8×10^{-4} m/s.

Per quanto riguarda il livello inferiore dei depositi fl3, le prove Lefranc eseguite nell'ambito del Progetto Definitivo definiscono un intervallo piuttosto ampio di valori, compresi tra 1×10^{-6} e 1×10^{-3} m/s. Ulteriori indicazioni sulle permeabilità di tali depositi derivano dai test di pompaggio a lunga durata eseguiti nell'ambito del Progetto Definitivo. Una prova su pozzo eseguita alla periferia Sud di Pozzolo Formigaro (ca. 100 m da tracciato ferroviario, in un settore compreso tra la ferrovia Novi Tortona e il Rio Gnavole) ha permesso di definire una permeabilità di 5.0×10^{-5} m/s ed un coefficiente di immagazzinamento di 1.6×10^{-3} . Un'altra prova effettuata nella cava dismessa di Cascina S. Maria ha restituito valori di permeabilità compresi tra 2.0×10^{-4} e 3.0×10^{-4} m/s. Un'altra prova eseguita simultaneamente su 4 pozzi a Pozzolo Formigaro ha restituito un valore di 4.0×10^{-6} m/s. Infine, un'ulteriore prova di pompaggio a lunga durata eseguita in periferia Sud di Pozzolo Formigaro (Loc. Cascina Valle) ha restituito valori di 3.3×10^{-6} m/s e 1.1×10^{-5} m/s in regime transitorio e di 2.2×10^{-6} m/s e 9.5×10^{-6} m/s in regime stazionario, con un coefficiente di immagazzinamento di $S = 7.8 \times 10^{-4}$. La prova di pompaggio eseguita per la campagna indagini del 2014 presso Cascina Capri ha visto l'esecuzione di prove di spurgo del pozzo le quali hanno restituito valori di permeabilità variabili tra 8.47×10^{-6} m/s e 9.11×10^{-6} m/s. Son state poi realizzate, sempre in prossimità di Cascina Capri, prove di portata a gradini le quali hanno fornito valori di permeabilità di 2.54×10^{-4} m/s e 6.38×10^{-4} m/s.

Dal punto di vista della rappresentatività dei valori, si rimarca che i risultati ottenuti attraverso le prove di pompaggio sono maggiormente significativi di quelli ottenuti dai test in foro, in quanto le prime permettono di valutare la permeabilità in un intorno esteso attorno al pozzo, mentre le seconde indagano la permeabilità solamente in un intorno localizzato attorno al sondaggio. Pertanto, i test in foro risentono maggiormente di effetti locali (es. eterogeneità locali, disturbi del terreno indotti dalla perforazione).

Si sono poi riportati sul profilo geologico tutti i risultati delle prove di pompaggio e di permeabilità eseguite nelle varie campagne di indagine (Figura 1).

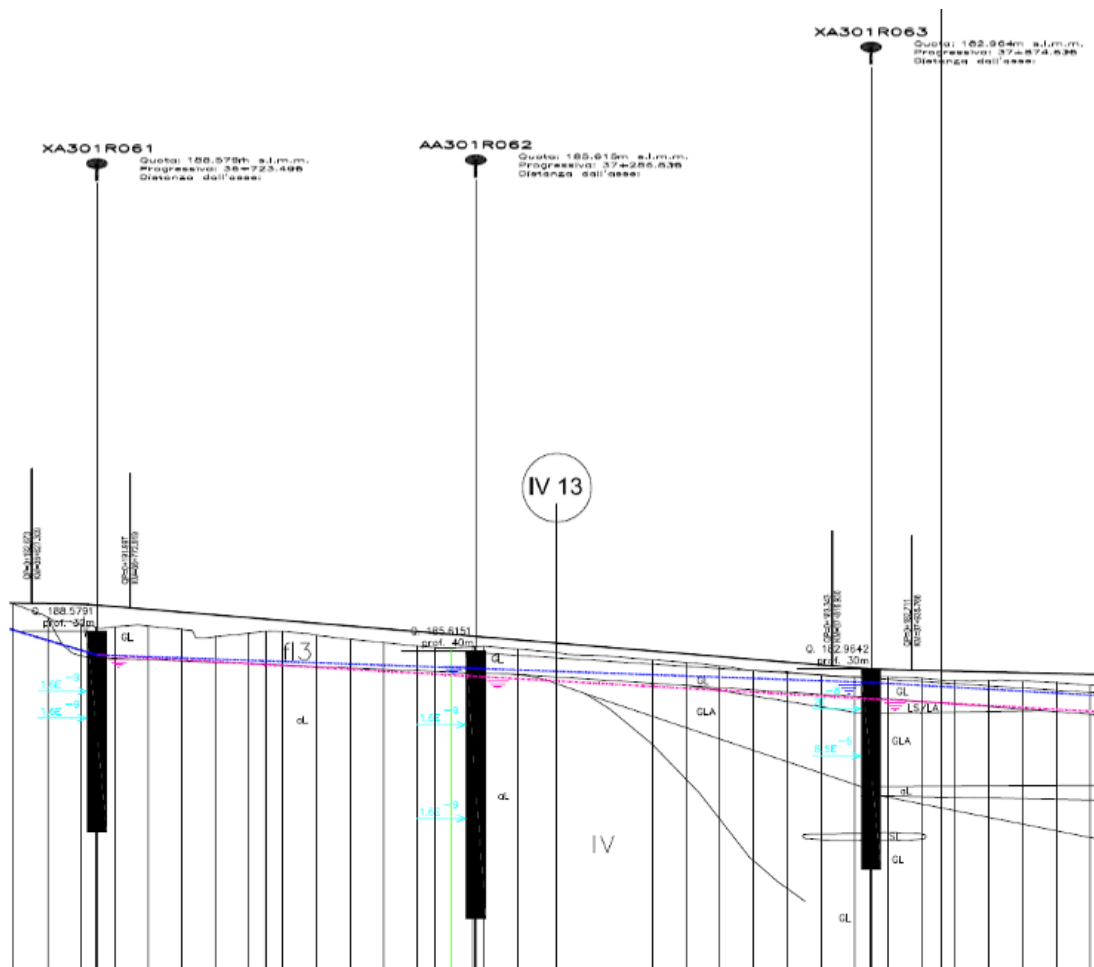


Figura 1 - Profilo geologico in prossimità del cavalcaferrovia con indicazioni dei sondaggi ed indicazione dei valori di permeabilità (i valori di permeabilità sono espressi in m/s).

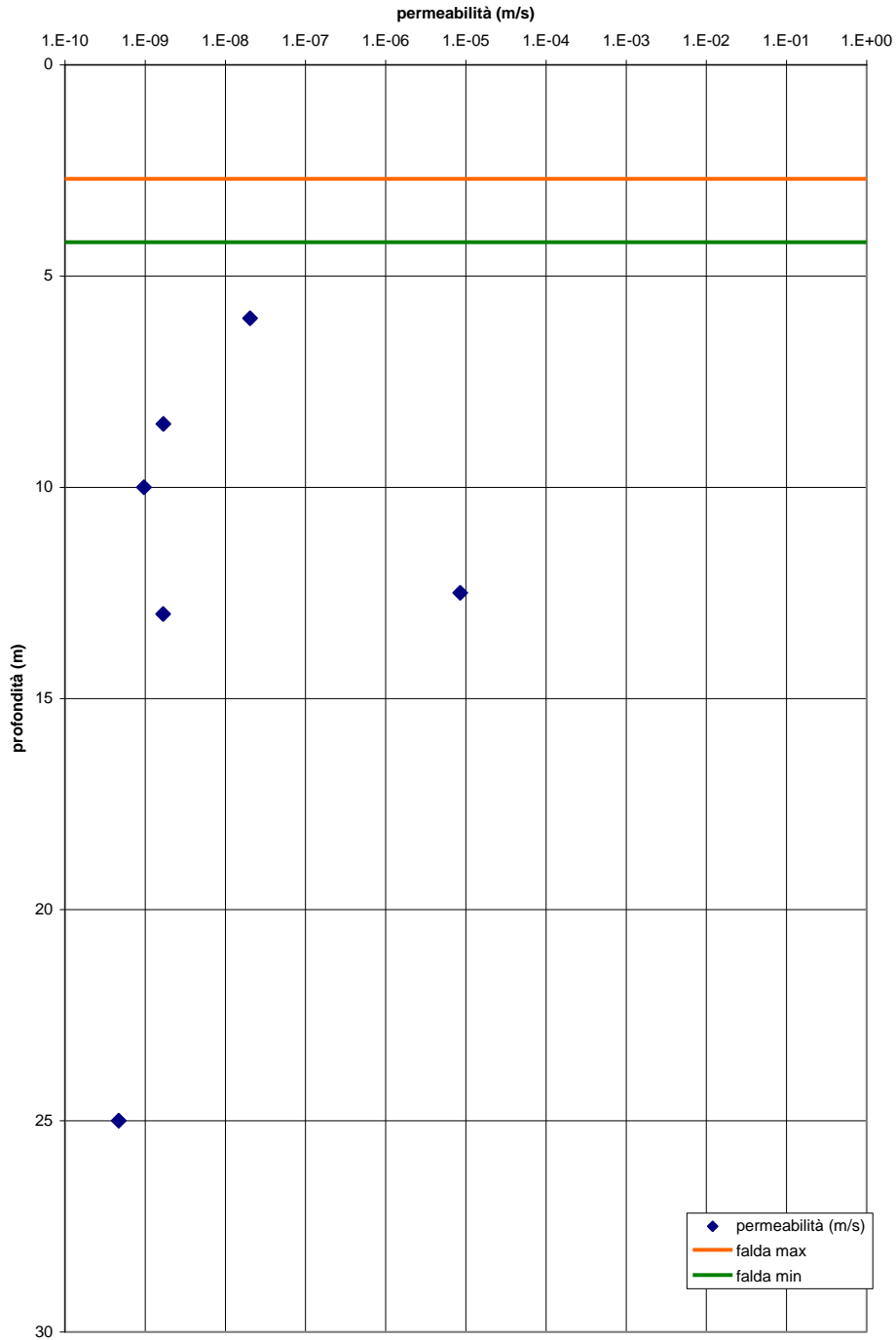


Figura 2 - Grafico dei risultati delle prove di permeabilità eseguite in prossimità dell'area di realizzazione del cavalcaferrovia IV14.

Sulla base dell'analisi dei risultati delle prove (Figura 2) e del profilo riportato in Figura 1 è possibile affermare che la permeabilità di riferimento è piuttosto bassa con valori medi compresi tra $8.5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ e $4.6 \times 10^{-10} \text{ m/s}$.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-03-E-CV-RB-IV13-0X-001-A00 Relazione geotecnica
	Foglio 11 di 15

2.3. Indagini in sito considerate

Nella zona del cavalcaferrovia in oggetto, sono stati eseguiti una serie di indagini geotecniche. La denominazione delle indagini di cui sopra, nonché le rispettive profondità raggiunte, sono riportate nella tabella seguente.

Sondaggi a carotaggio	
Denominazione	Lunghezza (m)
XA301B061	30
AA301B062	40
XA301B063	30

Tabella -1. Sondaggi nell'area di realizzazione del cavalcaferrovia.

Le campagne hanno visto la realizzazione di una serie di sondaggi geognostici, prove in sito in corrispondenza degli stessi (SPT e prove Lefranc, principalmente) ed il prelievo di campioni per prove di laboratorio.

2.4. Stratigrafia nella zona di realizzazione delle opere

Sulla base dei dati disponibili, la situazione stratigrafica del sito può essere così schematizzata:

A partire dal piano campagna locale si può incontrare uno strato superficiale di terreno di riporto/agricolo costituito da limo sabbioso marrone scuro di spessore pari a 1.00m circa, localmente inglobante elementi lapidei sparsi (Formazione LS).

Al di sotto della Formazione **LS/LA** è presente uno strato di circa 3.00m di origine alluvionale postglaciale (Olocene) **FL3** costituito da ghiaia medio grossa in matrice limo-sabbiosa (Formazione FL3 – GL/GLA) localmente argillosa.

A partire da 3.50/4.00m rispetto il piano campagna, si estende fino agli strati più profondi indagati un deposito di argilla limosa molto consistente (Formazione FL3 – AL).

Le risultanze delle prove SPT mostrano i seguenti andamenti per le varie zone presenti nell'area.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-03-E-CV-RB-IV13-0X-001-A00 Relazione geotecnica
	Foglio 12 di 15

XA301B063	
prof. [m]	N
3	42
7.6	68
10.6	rif.
13.5	65
16	70
21	73
24	82

Tabella -2. Dettaglio risultanze delle prove SPT in foro nell'area del cavalcaferrovia.

Alla luce di quanto sopra la stratigrafia di progetto da utilizzarsi nelle verifiche geotecniche viene prevista come di seguito indicato.

Stratigrafia di calcolo	Da (m da p.c.)	A (m da p.c.)	Tipo di terreno
LS/LA	p.c.	- 1.00	Limo sabbioso
GLA	- 1.00	-4.00	Ghiaia medio grossa in matrice argillosa limosa
AL	-4.00	In poi	argilla limosa

Tabella -3. Stratigrafia di progetto per l'area in esame

2.5. Livello piezometrico

Il livello di falda rilevato dai piezometri installati nei sondaggi, varia in base al periodo dell'anno e mostra un livello di soggiacenza compreso tra - 2.5 m da p.c e - 4.20 m da p.c..

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-03-E-CV-RB-IV13-0X-001-A00 Relazione geotecnica
	Foglio 13 di 15

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

Di seguito si forniscono i parametri di base per i materiali geotecnici nell'area in esame, coerentemente con quanto previsto in PD. Per la caratterizzazione geotecnica si è tenuto conto anche di altri sondaggi presenti nelle aree adiacenti che presentano caratteristiche dei materiali simili a quelli nell'area del cavalca ferrovia.

Parametri	Formazione LS/LA	Formazione GL	Formazione AL
Peso di volume γ (kN/m ³)	18	19	19 ÷ 20 (1)
Densità relativa D_r (%)	-	73 ÷ 95	-
Coesione drenata c' (kPa)	5	-	25
Angolo di resistenza al taglio operativo ϕ' (°)	26	38	28
Resistenza al taglio non drenata c_u (kPa) (2)	-	-	100+3.25·z (3)
Velocità delle onde di taglio V_s (m/s)(4)	-	185 + 3.9·z (3)	-
Modulo di taglio a piccole deformazioni G_0 per materiali granulari (MPa)	-	75 + 3.85·z (3)	-
Modulo di Young a piccole deformazioni E_0 per materiali granulari (MPa)	-	190 + 10·z (3)	-
Modulo di Young drenato E' per terreni coesivi (kPa) - Per il calcolo dei cedimenti	-	-	8600
Modulo di Young drenato E' per terreni coesivi (kPa) – Per il dimensionamento delle opere di sostegno	-	-	16200
Modulo di Young non drenato E_u per terreni coesivi (kPa) (5)	-	-	20000+650·z (3)
Coefficiente di consolidazione primaria C_v (cm ² /s) – Tratto OC (6)	-	-	2.5·10 ⁻³ (6)
Coefficiente di consolidazione primaria C_v (cm ² /s) – Tratto NC (6)	-	-	2.5·10 ⁻⁴ (6)
Coefficiente di consolidazione secondaria c_α (%) – Tratto OC (7)	-	-	0.1 (7)
Coefficiente di consolidazione secondaria c_α (%) – Tratto NC (7)	-	-	0.5 (7)

- (1) Valori crescenti con la profondità.
- (2) Valori decrescenti con la profondità.
- (3) Z = Profondità da piano campagna in m.
- (4) Valori delle velocità delle onde di taglio ricavate dai dati SPT secondo la correlazione di Ohta e Goto.
- (5) $E_u=200 c_u$.
- (6) Valori valutati in base alla descrizione stratigrafica e dalle prove di laboratorio
- (7) Ricavabile dalla curva deformazione (ϵ) – tempo (t).

Tabella -4. Caratteristiche di base dei materiali geotecnici

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-03-E-CV-RB-IV13-0X-001-A00 Relazione geotecnica
	Foglio 14 di 15

Le indagini e le prove di laboratorio a disposizione hanno consentito una caratterizzazione del comportamento meccanico della formazione presente nell'area secondo una suddivisione in base all'approfondimento. Conservativamente, le caratteristiche geotecniche per l'area dello scavo sono di seguito definite tenendo in maggior conto le risultanze delle analisi di laboratorio. Nel calcolo delle opere di sostegno si adotteranno valori del modulo di deformabilità pari a circa 1/3÷1/5 di quelli iniziali a piccole deformazioni. Nel calcolo dei cedimenti si adotteranno valori del modulo di deformabilità pari a circa 1/10 di quelli iniziali a piccole deformazioni. Sulla base dei valori delle velocità delle onde di taglio ricavate dai dati SPT (considerando anche gli altri sondaggi presenti nelle aree adiacenti che presentano caratteristiche dei materiali simili a quelli nell'area del cavalcaferrovia) secondo la correlazione di Ohta e Goto, per i dati della campagna 2000-2002, si sono stabilite velocità sismiche per profondità rappresentative, da cui sono stati ricavati i parametri di deformabilità di riferimento.

I seguenti parametri si giudicano ragionevoli e rappresentativi del comportamento del terreno.

Parametri	Formazione LS/LA	Formazione GLA	Formazione AL
Profondità da p.c.	0-1m	1-4	>4
Peso di volume γ (kN/m ³)	18	19	20
Coesione drenata c' (kPa)	-	-	25
Angolo di resistenza al taglio operativo ϕ' (°)	28	38	28
Resistenza al taglio non drenata c_u (kPa)	-	-	25
Modulo di deformabilità operativo E per materiali granulari (MPa), calcolati con riferimento al valore medio di E_o ed un fattore di riduzione pari a 5	20	51	60
Modulo di deformabilità operativo E per materiali granulari (MPa), calcolati con riferimento al valore medio di E_o ed un fattore di riduzione pari a 10	10	25	30
Modulo di Young drenato E' per terreni coesivi (kPa) - Per il calcolo dei cedimenti			8600
Modulo di Young drenato E' per terreni coesivi (kPa) - Per il dimensionamento delle opere di sostegno			16200
Modulo di Young non drenato E_u per terreni coesivi (kPa) (5)			20000+650·z (3)

Tabella-5. Caratteristiche di progetto dei materiali geotecnici per la zona del cavalcaferrovia.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-03-E-CV-RB-IV13-0X-001-A00 Relazione geotecnica</p>	<p>Foglio 15 di 15</p>

Per le zone a matrice limoso/argillosa è possibile tenere in conto che la componente coesiva possa fornire un valore di coesione stimabile in 5 kPa, ottenuti dalle indicazioni ricavate da prove di laboratorio eseguite su questo tipo di materiale.

Sulla base delle risultanze delle prove SPT, ai fini dell'azione sismica di progetto, il terreno ricade in classe B "Depositi, e di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con valori di NSPT maggiori di 50.