



PROVINCIA DI FERMO
SETTORE VIABILITA' - INFRASTRUTTURE - URBANISTICA

COMUNE DI MONTEFALCONE APPENNINO

**LAVORI DI AMMODERNAMENTO ED AMPLIAMENTO
DELLA S.P. 238 VALDASO (EX S.S. 433) - SECONDO
STRALCIO DAL BIVIO CON LA S.P. 183 FAVETO AL
BIVIO CON LA STRADA VICINALE CANUTICA**

PROGETTO ESECUTIVO

Ufficio Tecnico Servizio Viabilità
PROGETTISTI:

ing. Giuseppe Laureti

ing. Stefano Massetani

Consulenze Esterne

Assistenza alla progettazione

ing. Donato Pescatore

Assistenza alla progettazione strutturale

ing. Omero Bassotti

Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione

ing. Maurizio Ciarrocchi

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: ing. Ivano Pignoloni

RELAZIONE GEOTECNICA

ELABORATO ESTRATTO DAL PROGETTO DEFINITIVO

APPROVATO CON D.G.P. n.9 DEL 12/08/2009

B.2

maggio 2011

INDICE

PREMESSA	pag. 1
1. 1^ TRATTO : BIVIO SP. FAVETO DALLA SEZ. 25 ALLA SEZ. 67	pag. 2
1.1. Risultato dei sondaggi geognostici	
1.2. Caratteristiche meccaniche dei terreni	
1.3. Descrizione del tracciato stradale	
1.4. Verifiche di stabilità e cedimenti	
1.5. Conclusioni	
2. 2^ TRATTO : GALLERIA OVEST DALLA SEZ. 67 ALLA SEZ. 83	pag. 10
2.1. Risultato dei sondaggi geognostici	
2.2. Descrizione del tracciato stradale	
3. 3^ TRATTO : TRATTO IN AMPLIAMENTO DALLA SEZ. 85 ALLA SEZ. 101	pag. 12
3.1. Risultato dei sondaggi geognostici	
3.2. Caratteristiche meccaniche dei terreni	
3.3. Descrizione del tracciato stradale	
3.4. Verifiche di stabilità	
3.5. Conclusioni	
4. 4^ TRATTO: TRATTO DI NUOVA REALIZZAZIONE DALLA SEZ. 101 ALLA SEZ. 120	pag. 17
4.1. Risultato dei sondaggi geognostici	
4.2. Caratteristiche meccaniche dei terreni	
4.3. Descrizione del tracciato stradale	
4.4. Verifiche di stabilità	
4.5. Conclusioni	
5. 5^ TRATTO : TRATTO DI NUOVA REALIZZAZIONE SU RILEVATO DALLA SEZ. 120 ALLA SEZ. 136	pag. 22
5.1. Risultato dei sondaggi geognostici	
5.2. Prove geotecniche	
5.3. Caratteristiche meccaniche dei terreni	
5.4. Descrizione del tracciato stradale	
5.5. Verifiche di stabilità e cedimenti	
5.6. Conclusioni	
6. 6^ TRATTO : GALLERIA EST DALLA SEZ. 136 ALLA SEZ. 154	pag. 33
6.1. Risultato dei sondaggi geognostici	
6.2. Descrizione del tracciato stradale	
7. 7^ TRATTO : TRATTO IN AMPLIAMENTO DALLA SEZ. 154 ALLA SEZ. 164	pag. 35
7.1. Risultato dei sondaggi geognostici	
7.2. Caratteristiche meccaniche dei terreni	
7.3. Descrizione del tracciato stradale	
7.4. Verifiche di stabilità	
7.5. Conclusioni	

PREMESSA

La presente relazione geotecnica è relativa alla progettazione definitiva dell' "Ammodernamento della Strada provinciale Val d'Aso - 2^ lotto".

Tale relazione è stata elaborata sulla base dei risultati derivanti dalle indagini geologiche e geotecniche eseguite per definire le caratteristiche stratigrafiche e meccaniche dei terreni che costituiscono le aree interessate dal nuovo tracciato stradale, unitamente all'analisi geologica delle aree medesime.

Sono stati pertanto eseguiti n. 18 sondaggi geognostici con impianto a carotaggio continuo del Φ mm. 101, n. 2 prove penetrometriche statiche CPT e analisi di laboratorio su n. 8 campioni di terreno prelevati in perforazione.

Si allegano i seguenti elaborati :

1. verifiche di stabilità
2. analisi dei cedimenti
3. gallerie

Gli aspetti geotecnici dell'area interessata dall'intero tracciato stradale sono stati esaminati prendendo in considerazione i seguenti tratti suddivisi così come riportato dalla relazione geologica :

1^ tratto - bivio Sp. Faveto ovvero dalla sez. 25 alla sez. 67;

2^ tratto - Galleria Ovest " Faveto" ovvero dalla sez. 67 alla sez. 83

(vedasi elaborato Gallerie)

3^ tratto - Tratto di strada previsto in ampliamento rilevato dalla sez. 84 alla sez. 101

4^ tratto - Tratto di nuova realizzazione dalla sez. 101 alla sez. 120

5^ tratto – Tratto di nuova realizzazione su rilevato dalla sez.120 alla sez. 136

6^ tratto – Galleria Est " Montefalcone" ovvero dalla sez. 137 alla sez. 154

(vedasi elaborato Gallerie)

7^ tratto – Tratto (finale) in ampliamento ovvero dalla sez. 154 alla sez. 168

L'area interessata dagli interventi di ammodernamento della strada provinciale Valdaso 2^ stralcio ricade interamente in comune di Montefalcone Appennino.

Il comune di Montefalcone Appennino è stato considerato sismico dall'ordinanza 3274 con grado di sismicità $S = 9$.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

D.P.R. del 21.12 1999 n. 554 : “ Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici
11febbraio 1994, n. 109 e succ. modif.”

D.M. del 11.03.1988 n. 47 : “ Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce; i criteri generali e le
prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno
delle terre e delle opere di fondazione “

1^ TRATTO : BIVIO SP. FAVETO DALLA SEZ. 25 ALLA SEZ. 67

1.1. RISULTATO DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI

La ricostruzione stratigrafica dei terreni che costituiscono l'area in oggetto è stata effettuata sulla base dei risultati dei **sondaggi reperiti S18 - S19**, ubicati in corrispondenza della sez. 47 e 62 ed eseguiti in occasione dei lavori di ammodernamento della Sp. Val d'Aso 1^ stralcio.

Tuttavia, nelle successive fasi di progettazione, le previsioni progettuali consigliano di effettuare ulteriori sondaggi soprattutto in corrispondenza della fascia di pendio interessata dallo sviluppo delle due bretelle collegate allo svincolo Sp. Faveto.

Le stratigrafie rilegati da **S18 e S19** sono:

S18:

da m. 0,00 a m. 1,40 : terreno aerato di copertura, prevalentemente sabbioso con clasti arenacei

da m. 1,40 a m. 2,20 : limo sabbioso con clasti arenacei D max = 3 – 4 cm (probabile rilevato stradale)

da m. 2,20 a m. 4,20 : limo sabbioso **plastico** color avana

da m.4,20 a m.4,80 : livello sabbioso ghiaioso con clasti arenacei

da m. 4,80 a m. 9,00 : limo sabbioso avana con clasti arenacei e calcarei D max = 3 – 8 cm

da m. 9,00 a m. 15,00 : ghiaie in matrice sabbiosa con clasti arenacei e calcarei D max = 3 – 8 cm

da m. 15,00 a m. 16,50: associazione arenaceo – pelitica color grigio
(substrato, alterato, della Laga)

da m. 16,50 a m. 20,00 : substrato arenaceo pelitico color grigio
(substrato, integro, della Laga)

S19:

da m. 0,00 a m. 2,00 : terreno vegetale ghiaioso sabbioso debolmente limoso

da m. 2,00 a m. 3,80 : ghiaie in matrice sabbioso limosa con clasti arenacei e calcarei
(probabile rilevato stradale)

da m. 3,80 a m. 10,00 : livello limoso argilloso con inclusi sabbiosi giallo ocra con rari clasti arenacei o calcarei D max < 2cm **plasticità medio alta**

da m.10,00 a m.13,00: ghiaie sciolte in debole matrice sabbioso limosa con clasti arenacei e calcarei eterometrici

da m.13,00 a m.19,50 : Substrato arenaceo pelitico

1.2. CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TERRENI

Le caratteristiche meccaniche dei terreni che costituiscono il tratto di strada compreso tra la sez. 25 e la sez. 67 sono quelle desunte dalle precedenti indagini relative al 1^ stralcio della Val d'Aso.

(S18, S19 e CPT7)

Pertanto, escludendo il terreno vegetale, vengono riportati i seguenti livelli geotecnici:

1^ Livello geotecnico : Rilevato stradale costituito da limi sabbiosi plastici e ghiaie

- ubicazione **media** in profondità : da m. 0,00 a m. 2,20
- spessore medio = m. 2,20
- peso dell'unità di volume = 1,8 Kg/dmc
- angolo d'attrito interno (F_i) = 27°

2^ Livello geotecnico : limo argilloso plastico con inclusi sabbiosi e clasti di arenaria dispersi

- ubicazione **media** in profondità : da m. 2,20 a m. 9,50
- spessore medio = m. 7,30
- peso dell'unità di volume = 1,8 Kg/dmc
- angolo d'attrito interno (F_i) = 22°
- coesione non drenata (C_u) = 0,7 Kg/cm^q

3^ Livello geotecnico : ghiaie in matrice sabbiosa

- ubicazione **media** in profondità : da m. 9,50 a m. 14,00
- spessore medio = m. 4,50
- peso dell'unità di volume = 1,9 Kg/dmc
- angolo d'attrito interno (F_i) = 32°

4^ Livello geotecnico : substrato arenaceo pelitico alterato

- ubicazione **media** in profondità : da m. 14,00 a m.16,50
- spessore medio =m. 2,50
- peso dell'unità di volume = 2 Kg/dmc
- angolo d'attrito interno (F_i) = 30° (per i livelli arenacei alterati e fratturati)
- coesione non drenata (C_u) = 2,0 Kg/cm^q (per i livelli pelitici)

5^ Livello geotecnico : substrato arenaceo pelitico

- ubicazione **media** in profondità : da m. 16,50 in poi
- peso dell'unità di volume (p.v.) = 2,2 Kg/dmc
- angolo d'attrito interno (F_i) = 32° (per i livelli arenacei integri)
- coesione non drenata (C_u) = 2,2 Kg/cm^q (per i livelli pelitici)

1.3. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO STRADALE

Le indicazioni di progetto prevedono:

A) Per nuovo tratto della Sp. Val d'Aso

- dalla **sez. 25 alla sez. 32**, il nuovo tratto stradale si svilupperà in direzione E - W ripercorrendo, parzialmente e con graduale spostamento verso valle, la strada provinciale esistente;
- dalla **sez. 33 alla sez. 47** in corrispondenza dello svincolo, il nuovo tracciato stradale si sviluppa a valle della provinciale esistente mediante la posa in opera del rilevato; l'altezza massima del rilevato, di circa m. 5,00, si riduce fino ad annullarsi in corrispondenza della sez. 47;
- dalla **sez. 48 alla sez. 51**, il nuovo tracciato stradale si sviluppa, a valle dell'esistente, in trincea, mediante l'esecuzione di sbancamenti sul lato valle strada ed apertura di fronti di scavo dell'altezza massima di m. 5,00;
- dalla **sez. 52 alla sez. 56**, il nuovo tratto di strada si ricongiunge a quello esistente con ampliamenti mediante escavazioni in corrispondenza del lato valle. Le altezze dei fronti di scavo dell'altezza di m. 5,00 in corrispondenza della **Sez. 52**, si riducono fino a raggiungere altezze esigue in **sez. 56**.
- **dalla sez. 57 alla sez. 67**, il nuovo tratto di strada ripercorre quello esistente con ampliamenti a monte mediante escavazioni con fronti dell'altezza di circa 3 metri.

B) Bretella Ramo 2 (in direzione Ovest)

- dalla **sez. 1 alla sez. 4**, il nuovo tracciato ripercorre l'esistente con modesti ampliamenti e graduale spostamento a monte della strada attuale;
- dalla **sez. 5 alla sez. 7**, la nuova bretella verrà realizzata più alta in quota e a monte della strada esistente, mediante sbancamenti e posa in opera di rilevato di modesta entità. Le indicazioni di progetto prevedono il presidio del rilevato stradale mediante la posa in opera di gabbioni a ridosso del muro sottostante esistente di altezza variabile e delimitante il lato monte della sp. attuale;
- dalla **sez. 8 alla sez. 14** i gabbioni a presidio del nuovo rilevato stradale saranno posti al di sopra ed in continuità del muro esistente;
- dalla **sez. 15 alla sez. 16** il nuovo tratto di strada sarà realizzato mediante scavi di modesta entità in corrispondenza del lato monte strada;
- dalla **sez. 17 alla sez. 19** il nuovo tratto di strada si svilupperà alla quota del p.c. (cfr. sezioni di progetto)

C) Bretella Ramo 1 (in direzione Est)

- dalla **sez.1 alla sez. 4**, il nuovo tratto ripercorre quello esistente con modesti ampliamenti mediante scavi e posa in opera di rilevato;
- dalla **sez. 5 alla sez. 18** la nuova bretella verrà realizzata mediante scavi e rilevati di modesta entità;
- dalla **sez. 19 alla sez. 20** il nuovo tratto si svilupperà alla quota del p.c..
(cfr. sezioni di progetto)

1.4. VERIFICHE DI STABILITA' E DEI CEDIMENTI

1.4.1. Verifiche di stabilità

Le verifiche di stabilità, sono state effettuate al fine di esaminare le condizioni di equilibrio sia dei fronti di scavo in caso di ampliamento e/o spostamento del nuovo tracciato stradale a monte dell'esistente sia delle scarpate di raccordo tra i nuovi rilevati stradali e la superficie topografica attuale. Tali verifiche sono state effettuate mediante il software CDD PENDII utilizzando i metodi Bishop Janbu Bell secondo la normativa sismica dell'ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 2003 e senza tener conto delle azioni indotte da opere di sostegno.

In **sez. 52** sono state eseguite:

- **La verifica di stabilità n. 1** ha ipotizzato una superficie di scorrimento circolare passante al piede scarpa e suddivisa in n. 10 conci ciascuno dei quali caratterizzato dai seguenti parametri litotecnici:
 $p.v.= 1,8 \text{ t/mc} - F_i = 22^\circ - c' = 1,5 \text{ t/mq}$ (cfr. campione di terreno C1 S3)

In tali condizioni il coefficiente di sicurezza risultante **F = 1,4 (condizioni di buona stabilità)**
(cfr. verifica allegata)

- **La verifica di stabilità n. 2** è stata effettuata nelle medesime condizioni della verifica n. 1, ad eccezione del valore della coesione che in tal caso è pari a 0 (saturazione - condizioni più cautelative).

Il coefficiente di sicurezza di tale verifica **F è risultato pari a 0,6 (condizioni di instabilità)**
(cfr. verifica allegata)

In corrispondenza della **sez. di progetto n. 39** sono state eseguite le verifiche di stabilità delle scarpate del rilevato stradale.

La verifica n. 1 è stata condotta nell'ipotesi di una superficie di scorrimento circolare passante al piede scarpa suddivisa in n. 10 conci con le seguenti caratteristiche litotecniche riferite al rilevato inerte da porre in opera : $p.v.= 2,0 \text{ t/mc} - F_i = 32^\circ - c'=0$ (parametri geotecnici del rilevato inerte)

Tale verifica ha indicato un coefficiente di sicurezza **F pari a 0,9 (condizioni di scarso equilibrio).**

La verifica n. 2 è stata eseguita ipotizzando il rimodellamento delle scarpate in rilevato a gradoni e considerando le medesime condizioni litotecniche delle verifica precedente.

(cfr. verifica n. 1)

Tale verifica ha indicato un coefficiente di sicurezza **F pari a 1,1 (condizioni di equilibrio limite)**.

(cfr. verifica n. 2)

1.4.2. Analisi dei cedimenti

Dalla **sez. 32 alla sez. 45** il nuovo tratto stradale verrà traslato più a valle (Sud) e le indicazioni progettuali prevedono la posa in opera di rilevati aventi lo spessore massimo di m. 5,50 rispetto al p.c. attuale.

Al fine di valutare l'entità dei cedimenti indotti nel terreno dalla realizzazione del nuovo rilevato stradale, è stata effettuata la verifica dei cedimenti in corrispondenza della **sez. trasv. n. 39** ritenuta più significativa in relazione allo spessore del rilevato pari a circa m. 5,50 ed alla sequenza stratigrafica dei terreni **(presenza di livelli plastici; cfr. sondaggi reperiti)**

Infatti, la stratigrafia considerata nella verifica, è quella rilevabile dalla ricostruzione del profilo geologica dell'intero tracciato in corrispondenza della **sez. 39** (Rif. [S18 reperito](#));

Pertanto la sequenza stratigrafica, riferita al p.c., è la seguente:

da m. 0,00 a m.2,5 0 : limo argilloso **plastico** color avana

da m. 2,50 a m.4,50 : limo sabbioso avana con clasti arenacei e carbonatici

da m. 4,50 a m.9,50 : ghiaie in matrice sabbiosa

da m. 9,50 in poi : substrato arenaceo pelitico

Sono stati pertanto individuati i seguenti livelli geotecnici tenendo presente quanto rilevato dalle elaborazioni della prova [CPT7 reperita](#) :

1^ livello geotecnico: limo sabbioso argilloso plastico di color avana

- ubicazione in profondità da m. 0,00 a m. 2,50
- spessore medio = m. 2,50
- peso dell'unità di volume = 1,85 t/mc = 18,5 KN/mc
- peso di volume saturo = 1,85 t/mc = 18,5 KN /mc
- coesione =0,7 Kg/cm²
- angolo d'attrito $\phi = 24^\circ$
- modulo elastico $E_s = 40,66 \text{ Kg/cm}^2 = 4 \text{ Mpa}$

- modulo Edometrico E_u (non drenato) = 122 Kg/cm² = 12,2 Mpa

2^ livello geotecnico: limo sabbioso argilloso avana con clasti arenacei e carbonatici

- ubicazione in profondità da m. 2,50 a m. 4,50
- spessore medio = m.2,00
- peso dell'unità di volume = 1,8 t/mc = 18 KN/mc
- coesione = 0,9 K/cm²
- angolo d'attrito $F_i = 27^\circ$ (24° per la matrice limoso sabbiosa)
- modulo elastico $E_s = 85 \text{ Kg/cm}^2 = 8,5 \text{ Mpa}$
- modulo Edometrico $E_{ed} = 255 \text{ Kg/cm}^2 = 25,5 \text{ Mpa}$

3^ livello geotecnico: ghiaie in matrice sabbiosa

- ubicazione in profondità da m. 4,50 a m. 9,50
- spessore medio = m.5,00
- peso dell'unità di volume = 2 t/mc = 20 KN/mc
- peso di volume saturo = 2 t/mc = 20 KN/mc
- angolo d'attrito $F_i = 35^\circ$
- modulo elastico $E_s = 30 \text{ Mpa}$
- modulo edometrico $E_{ed} = 80 \text{ Mpa}$ (per $N_{spt} > 30$ colpi)

4^ livello geotecnico: substrato pelitico arenaceo

- ubicazione in profondità da m.9,50 in poi
- peso dell'unità di volume = 2,0 t/mc = 20 KN/mc
- peso di volume saturo = 2,0 t/mc = 20 KN/mc
- angolo d'attrito $F_i = 25^\circ$
- coesione drenata $c' = 24 \text{ Kpa}$
- coesione non drenata (C_u) = 241 KPa = 2,4 Kg/cm²
- modulo Edometrico $E_{ed} = 92 \text{ Mpa}$

1.4.3. Analisi dei cedimenti – Risultati

Come già scritto, l'analisi dei cedimenti è stata effettuata in corrispondenza della **sezione di progetto 39** caratterizzata dall'altezza max. di rilevato pari a m. 5,50.

(vedi allegato - analisi dei cedimenti)

L'entità dei cedimenti su ciascuna verticale riferita alla geometria del rilevato è riportata dai tabulati allegati alla presente relazione. (vedi)

In particolare **i cedimenti immediati massimi** calcolati alla posizione punto 16.50 (corsia di valle) sono pari a **cm. 6,18**

I cedimenti totali calcolati alla posizione punto 16.5 risultano di cm. 8,63. Il valore dei cedimenti si riduce agli estremi del rilevato.
(vedi tabulati allegati e Tav. cedimenti allegati)

1.5. CONCLUSIONI

Le caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area interessata dal tracciato stradale in oggetto, la sequenza stratigrafica dei terreni studiati, unitamente alle indicazioni di progetto consentono di sintetizzare quanto segue:

- l'area in oggetto si estende in corrispondenza del versante costituito da una coltre detritica dello spessore medio di m. 9,50. Tale versante è interessato dall'incisione dell'impluvio che intercetta l'area interessata dallo svincolo con la bretella per Faveto; (cfr. corografie ed elaborati di progetto)
- la morfologia del versante appare localmente irregolare essendo interessata da forme di ruscellamento superficiale indotte dalle acque di corrivazione provenienti dalle fasce più alte in quota;
- i terreni indagati evidenziano un andamento stratigrafico nel complesso regolare. Le proprietà meccaniche delle coltri eluvio colluviali risultano mediocri e condizionate dalla presenza del livello limoso plastico intercettato fino alla profondità **massima** di m. 10,00 dal piano strada (cfr. [S19](#))

Le caratteristiche morfologiche, stratigrafiche e meccaniche dei terreni, i risultati delle verifiche di stabilità e cedimenti, unitamente alle indicazioni progettuali previste, consigliano di:

- rivolgere particolare attenzione e cura alla regimazione delle acque superficiali soprattutto in fase di esecuzione lavori;

- previa sistemazione del nuovo rilevato stradale, rimodellare il piano di posa a gradoni anche in contropendenza
- analizzare le condizioni di equilibrio delle scarpate in rilevato unitamente all'azione indotta da opportune opere di presidio in aderenza al rilevato stradale al fine di contenere le azioni indotte dal rilevato e dal sovraccarico veicolare , particolarmente nei tratti in cui le scarpate stesse raggiungono altezze comprese tra m. 3,00 - 5,50;
- verificare, anche a monte dell'attuale sede stradale, lo spessore e l'andamento dei livelli limosi plastici caratterizzati da scadenti proprietà meccaniche mediante l'esecuzione di ulteriori sondaggi geognostici.

2^ TRATTO : GALLERIA OVEST DALLA SEZ. 67 ALLA SEZ. 83

2.1. RISULTATO DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI

I terreni che costituiscono il rilievo spartiacque intercettato dal tratto di strada in oggetto, sono stati analizzati mediante l'esecuzione dei sondaggi geognostici S1, S2, S3, S4.

S1:

da m. 0,00 a m. 0,80 : terreno vegetale costituito da limi sabbiosi di colore marrone giallastro, con qualche detrito disperso di dimensioni centimetriche

da m.0,80 a m. 3,50 : sabbie limose giallastre con trovanti e detriti diffusi di arenaria grigia

da m. 3,50 a m. 5,00 : limi sabbiosi con detriti e trovanti di arenaria

da m.5,00 a m.15,00 : alternanze di livelli limoso argillosi grigi a livelli più francamente sabbiosi di colore grigio

da m.15,00 a m.24,50: deposito alluvionale costituito da sabbie limose di colore grigio con ghiaie eterometriche ed eterogenee disperse. Sono presenti livelli più francamente limosi di colore grigio

da m. 24,50 a m. 30,00 : argille marnose grigie stratificate della formazione di base (Messiniano)

S2:

da m. 0,00 a m. 1,00 : terreno vegetale di colore marrone, costituito da limi sabbiosi con detriti di arenaria dispersi

da m. 1,00 a m. 5,00 : sabbie limose giallastre con trovanti e detriti diffusi di arenaria grigia

da m.5,00 a m. 12,50: sabbie ben addensate di colore giallastro con trovanti di arenaria e livelli limosi grigi

da m.12,50 a m.15,00 : alternanze di livelli limoso argillosi grigi a livelli più francamente sabbiosi

da m. 15,00 a m. 25,00 : deposito alluvionale costituito da sabbie limose di colore grigio con ghiaie eterometriche ed eterogenee disperse

S3:

da m.0,00 a m. 1,50 : terreno vegetale

da m.1,50 a m. 5,00 : limi e sabbie limose di colore giallo grigiastro con trovanti e detriti di arenaria dispersi

da m.5,00 a m.11,00 : limi sabbioso argillosi di colore grigio giallastro con trovanti e detriti di arenaria

da m. 11,00 a m.15,00: limo argilloso grigio con nuclei di sabbia di colore grigio più chiaro

da m. 15,00 a m.28,00 : alternanze di livelli limoso argillosi grigi a livelli più francamente sabbiosi

da m. 28,00 a m.37,00 : deposito alluvionale costituito da sabbie limose di colore grigio con ghiaie

eterometriche ed eterogenee disperse

da m.37,00 a m.38,50: ghiaie di piccola granulometria in matrice sabbioso limosa grigia, di origine alluvionale

da m.38,50 a m. 40,00 : argille marnose grigie stratificate della formazione di base , alterate

S4:

da m. 0,00 a m. 1,00 : terreno vegetale

da m. 1,00 a m. 4,00 : limo argilloso sabbioso di colore grigiastro con detriti di arenaria e resti vegetali

da m. 4,00 a m. 5,00 : limo argilloso sabbioso

da m. 5,00 a m.10,00: alternanze di livelli sabbiosi e limoso argillosi di colore grigio con resti vegetali e detriti dispersi

da m.10,00 a m.20,00: deposito alluvionale costituito da sabbie limose grigie con ghiaie disperse e resti vegetali

da m. 20,00 a m.25,00: argilla marnosa grigia stratificata con livelli di arenaria fratturata (form. alterata)

da m. 25,00 a m.30,00 : argilla marnosa grigia stratificata con livelli di arenaria grigia (form. di base)

2.2. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO STRADALE

A partire dalla **sez. 67**, il nuovo tracciato stradale intercetta le fasce dei pendii estesi a monte dell'attuale sede stradale.

In particolare:

- D) dalla **sez. 67** alla **sez. 69** le indicazioni di progetto prevedono l'esecuzione di scavi di altezza di circa m. 3,50 - 4,00 presidiati da gabbionate.
- E) dalla **sez. 70** alla **sez. 72**, verranno effettuati sbancamenti con riprofilatura a gradoni del pendio ed angolo di scarpa di raccordo fra i gradoni di 20°. Il fronte di scavo sarà presidiato da una paratia di pali.
- F) dalla **sez. 73** ha inizio la galleria artificiale "Faveto" con sbancamenti a monte e a valle mediante riprofilatura precedentemente descritta, realizzazione struttura galleria e successivo ritombamento di detrito per uno spessore medio di circa m. 6 – 7 metri. La galleria termina in corrispondenza della sez. trasv 82.
- G) in corrispondenza della **sez. 83** il nuovo tracciato stradale ripercorre quello esistente.

Per gli aspetti geotecnici di dettaglio si rimanda all'elaborato specifico

R3.3 " GALLERIE "

3^ TRATTO : TRATTO IN AMPLIAMENTO DALLA SEZ. 85 ALLA SEZ. 101

3.1. RISULTATO DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI

I terreni che costituiscono le aree interessate dall'intervento in oggetto, sono stati analizzati mediante l'esecuzione dei sondaggi S5 (lato valle strada attuale) , S6 e S7.

S5:

da m. 0,00 a m. 1,00 : terreno vegetale costituito da limi sabbioso argillosi di colore marrone

da m. 1,00 a m. 5,00 : limi sabbiosi di colore nocciola con calcinelli diffusi

da m. 5,00 a m. 6,00 : limo argilloso sabbioso di colore marrone grigiastro

da m. 6,00 a m.13,50 : alternanze di sabbie limose e limi argillosi di colore marrone grigiastro

da m. 13,50 a m. 18,00: depos. alluv. costituito da ghiaie eterometriche con livelli di sabbia grossolana

da m. 18,00 a m. 20,50 : sabbie grigie addensate con ghiaie eterometriche cementate

da m. 20,50 a m. 23,00: arenaria litica grigia con strati marnosi grigi

S6:

da m. 0,00 a m. 1,00 : terreno vegetale

da m. 1,00 a m.4,80 : limi sabbiosi di colore marrone giallastro

da m. 4,80 a m. 17,00 : deposito alluv. caratterizzato da livelli di ghiaia alternati a livelli di limo sabbioso

da m.17,00 a m. 20,00 : argilla marnosa grigia stratificata di colore grigio chiaro con livelli di arenaria grigia (substrato)

S7 :

da m. 0,00 a m. 1,00 : terreno vegetale di colore marrone

da m.1,00 a m. 6,00 : limo sabbioso di colore marrone con calcinelli e detriti di arenaria dispersi

da m. 6,00 a m.16,00 : deposito alluv. costituito da sabbie limose giallastre alternati a livelli di limo e sabbie limose con ghiaie

da m. 16,00 a m. 20,00 : argille marnose grigie stratificate con intercalazione di livelli sabbiosi grigi (substrato)

3.2. CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TERRENI

La sequenza stratigrafica dei terreni rilevati consente di individuare i seguenti livelli geotecnici:

1^livello: limi sabbioso argillosi di colore marrone con calcinelli e detriti di arenaria dispersi

(analisi di laboratorio rif. S3 C1 da m. 5,00 a m. 5,50)

- ubicazione media in profondità : da m. 0,00 a m. 5,50
- spessore medio =m. 5,50
- peso dell'unità di volume $(\gamma) = 20,71 \text{ kN/mc} = 2,0 \text{ t/mc}$
- peso dell'unità di volume secco $(\gamma_d) = 17,50 \text{ kN/mc} = 1,75 \text{ t/mc}$
- angolo di resistenza al taglio $(\text{Fi}) = 27^\circ$
- coesione efficace $(c') = 15 \text{ kPa} = 1,5 \text{ t/mq}$
- limite liquido $(LL)^1 = 35\%$
- limite plastico $(LP)^2 = 17\%$
- indice di plasticità $(IP)^3 = 18$

2^livello: alternanze di sabbie limose e limi argillosi di colore marrone grigiastro con calcinelli e detriti di arenaria grigi dispersi (analisi di laboratorio rif. S3 C3 da m. 25,50 a m. 25,80)

- ubicazione in profondità : da m. 6,00 a m. 13,50 **(in S5)**
- spessore medio =m. 7,50
- peso dell'unità di volume $(\gamma) = 20,59 \text{ kN/mc} = 2,0 \text{ t/mc}$
- peso dell'unità di volume secco $(\gamma_d) = 17,33 \text{ kN/mc} = 1,73 \text{ t/mc}$
- angolo di resistenza al taglio $(\text{Fi}) = 27^\circ$
- coesione efficace $(c') = 15 \text{ kPa} = 1,5 \text{ t/mq}$
- limite liquido $(LL)^1 = 41\%$
- limite plastico $(LP)^2 = 17\%$
- indice di plasticità $(IP)^3 = 24$

3^livello: depositi alluvionali costituiti da livelli di ghiaia in matrice limoso sabbiosa con alternanze di livelli di limo argilloso sabbioso di colore giallastro

- peso dell'unità di volume $(\gamma) = 20 \text{ kN/mc} = 2,0 \text{ t/mc}$
- angolo di resistenza al taglio $(\text{Fi}) = 30^\circ$ per i livelli ghiaiosi e di 22° per i limi argillosi
- coesione efficace $(c') = 8 \text{ kPa} = 0,08 \text{ t/mq}$

4^livello: Substrato argilloso marnoso stratificato con intercalazione di livelli sabbiosi grigi

- peso dell'unità di volume = 2,0 t/mc = 20 KN/mc
- peso di volume saturo = 2,0 t/mc = 20 KN/mc
- angolo d'attrito $F_i = 25^\circ$
- coesione drenata $c' = 24 \text{ Kpa} = 0,24 \text{ t/mq}$
- coesione non drenata (C_u) = 241 KPa = 2,4 t/mq

- 1: **limite liquido (LL)** = consistenza del terreno per cui esso si trova nella condizione di passaggio dallo stato fluido allo stato plastico
- 2: **limite plastico (LP)** = consistenza del terreno per cui esso si trova nella condizione di passaggio fra lo stato plastico e quello semisolido
- 3: **indice di plasticità (Ip)** = differenza tra LL e LP

3.2. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO STRADALE

- H) dalla **sez. 83 alla sez. 88**, dopo l'attraversamento del fosso mediante la realizzazione di uno scatolare (in corr. della sez. 84), la nuova strada ripercorre il tracciato esistente con ampliamenti che prevedono modeste escavazioni a monte ed altrettanto modesti rilevati a valle (H medio sbancamenti e riporti = m. 1 – 1,50 sez. 88)
- I) dalla **sez. 89 alla sez. 98** le indicazioni di progetto prevedono l'ampliamento dell'attuale sede stradale con escavazione a monte mediante locale riprofilatura del pendio a gradoni con angoli di scarpa di 20° (sez. 91 – 92 – 94 – 95 – 96) e presidio del fronte di scavo mediante la realizzazione di un muro dell'altezza di circa 3 metri.
- J) dalla **sez. 98 alla sez. 101** l'attuale sede stradale verrà ampliata mediante sbancamenti a monte ed il fronte di escavazione dell'altezza di circa m. 4,00 sarà presidiato mediante la posa in opera di gabbionate. Inoltre è previsto l'approfondimento della nuova sede stradale rispetto alla quota attuale di circa m. 1,50. (**sez. 100 e 101**)

3.4. VERIFICHE DI STABILITA'

Le verifiche di stabilità sono state effettuate al fine di esaminare le condizioni di equilibrio dei fronti di scavo in caso di ampliamento e/o spostamento del nuovo tracciato stradale a monte dell'esistente.

Tali verifiche sono state effettuate mediante il software **CDD PENDII** utilizzando i metodi **Bishop Janbu, Bell e Sarma** secondo la normativa sismica dell'ordinanza del P.C.M n. 3274 del 2003 senza tener conto delle azioni indotte da opere di contenimento.

La verifica di stabilità n. 1 è stata effettuata in corrispondenza della **sez. di progetto n. 94.**

Tale verifica è stata eseguita ipotizzando una superficie di scorrimento circolare passante al piede scarpa e suddivisa in n. 10 conci ciascuno dei quali caratterizzato dai seguenti parametri litotecnici:

p.v.= 1,8 t/mc - $F_i = 27^\circ$ - $c' = 0$ t/mq (condizioni di saturazione del terreno più cautelative)

In tali condizioni il coefficiente di sicurezza risultante **F = 0,9 (condizioni di non equilibrio)**
(cfr. verifica allegata)

3.5. CONCLUSIONI

Gli aspetti geomorfologici ed idrogeologici del pendio comprendente l'area in oggetto, l'andamento stratigrafico dei terreni ed i risultati delle verifiche di stabilità, consentono di riassumere quanto segue :

- l'area d'intervento ricade in prossimità della fascia di piede del versante descritto nella relazione geologica;
- essa è interessata oltre che dalle acque di diretta precipitazione meteorica, anche dalle acque di versante provenienti dalle fasce più alte in quota. I terreni indagati appartengono ad un fuso granulometrico tale da consentire l'infiltrazione delle acque superficiali in profondità che alimentano il reticolo idrografico superficiale.
- Le caratteristiche meccaniche delle coltri eluvio colluviali si presentano soddisfacenti; esse migliorano in corrispondenza delle ghiaie alluvionali e divengono ottime in corrispondenza del substrato.

Le indicazioni di progetto prevedono l'ampliamento del tratto esistente mediante escavazioni a monte, a partire dalla sez. 89. e la posa in opera, sul lato valle, di rilevati in modesto spessore. (sez.85 - sez.89)
I fronti di scavo saranno presidiati da muri e gabbioni (vedi corografia)

E' stata effettuata la verifica indicativa di capacità portante di una fondazione superficiale di larghezza unitaria, ancorata alla profondità indicativa di m. 2,00 dal p.c., mediante il metodo di Terzaghi per terreni incoerenti:

$$q_r = 0,5 \times B \times p.v. \times N_\gamma + p.v. \times D \times N_q$$

dove:

q_r = carico di rottura espresso in Kg/cmq

B= larghezza unitaria della fondazione = m.1,00

N_γ = fattore dimensionale di capacità portante = 10 (per $F_i = 27^\circ$; Meyerhof)

$p.v. \times D$ = pressione litostatica agente alla quota di imposta della fondazione = 2,00 t/mc x 2,00m = 2,0 t/mq

N_q = fattore dimensionale di capacità portante = 13 (per $F_i = 27^\circ$; Meyerhof)

Sostituendo:

$$q_r = 0,5 \times 1 \times 2 \times 10 + 2 \times 13 = 10 + 26 = 36 \text{ t/mq} = 3,6 \text{ Kg/cmq}$$

Adottando il coefficiente di sicurezza F pari a 3 si calcola il valore **del carico d'esercizio qs:**

$$qs = qr/3 = 3,6 /3 = \mathbf{1,2 \text{ Kg/cm}^2}$$

E' stato effettuato, a titolo indicativo e secondo le indicazioni dell'ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, il calcolo della spinta attiva esercitata dai terreni a tergo muro sull'opera di sostegno:

$$Sa = 0,5 \times p.v. \times K \times H^2$$

$$p.v. = \text{peso specifico del terreno} = 2,0 \text{ t/mc}$$

$$K = \text{coefficiente di spinta del terreno}$$

$$H = \text{altezza indicativa del muro} = \mathbf{m. 4,00 \text{ del muro}}$$

n.b. si trascura la componente verticale dell'accelerazione sismica agente sulla struttura

Il calcolo del coefficiente K è stato effettuato mediante la formula di Mononobe e Okabe in condizione di $\beta \leq \varphi - \theta$

$$\beta = \text{angolo di inclinazione del pendio} = 18^\circ$$

$$\varphi = \text{angolo d'attrito dei terreni} = 27^\circ$$

$$\theta = 0 \text{ (si trascura la componente verticale dell'azione sismica)}$$

inoltre:

$$\bar{\delta} = \text{angolo di resistenza al taglio tra terreno e muro considerato} = \frac{3}{4} \varphi \text{ (Muller Breslau)} = 20^\circ$$

Pertanto **K risulta = 1,23**

Sostituendo :

$$Sa = 0,5 \times 2,0 \text{ t/mc} \times 1,23 \times 16 \text{ m}^2 = \mathbf{20 \text{ t/m}} \text{ spinta indotta dal terreno}$$

4^ TRATTO : TRATTO DI NUOVA REALIZZAZIONE DALLA SEZ. 101 ALLA SEZ. 120

4.1. RISULTATO DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI

I terreni che costituiscono le aree interessate dall'intervento in oggetto, sono stati analizzati mediante l'esecuzione dei sondaggi S8, S9, ubicati in corrispondenza del fosso, ed S10 ubicato più a monte in corrispondenza della strada vicinale.

S8:

da m.0,00 a m. 1,00 : terreno vegetale

da m. 1,00 a m. 5,00 : limo sabbioso argilloso di colore marrone con calcinelli diffusi e detriti di arenaria dispersi

da m. 5,00 a m.10,00 : deposito alluvionale costituito da ghiaie eterometriche ed eterogenee in matrice sabbioso limosa

da m.10,00 a m.20,00: substrato rappresentato da strati di arenaria grigia alternata a strati argilloso marnosi

S9:

da m.0,00 a m. 5,00 : limo sabbioso di colore giallastro con presenza diffusa di calcinelli

da m.5,00 a m.9,00 : deposito alluvionale costituito da ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa

da m.9,00 a m.15,00 : deposito alluvionale costituito da sabbie limose grigie con ghiaie disperse

da m.15,00 a m.20,00 : substrato molto alterato costituito da livelli fratturati di arenaria litica a livelli sabbiosi addensati di colore grigio

S10:

da m.0,00 a m. 3,50 : limo sabbioso di colore giallastro con calcinelli diffusi

da m.3,50 a m. 15,00 : limo sabbioso argilloso con calcinelli diffusi

da m.15,00 a m.20,00 : substrato alterato rappresentato da argille marnose grigie stratificate con intercalazione di livelli sabbiosi grigi

4.2. CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TERRENI

La sequenza stratigrafica dei terreni rilevati consente di individuare i seguenti livelli geotecnici:

1^ livello: limi sabbioso argillosi di colore marrone con calcinelli e detriti di arenaria dispersi

(analisi di laboratorio rif. S3 C1 da m. 5,00 a m. 5,50)

- ubicazione **massima** in profondità : da m. 0,00 a m.15,00

- spessore massimo =m. 15,00

- peso dell'unità di volume $(\gamma) = 20,71 \text{ kN/mc} = 2,0 \text{ t/mc}$

- peso dell'unità di volume secco (γ_d) = 17,50 kN/mc = 1,75 t/mc
- angolo di resistenza al taglio (F_i) = 27°
- coesione efficace (c') = 15 kPa
- limite liquido (LL)¹ = 35%
- limite plastico (LP)² = 17%
- indice di plasticità (IP)³ = 18

3^livello: depositi alluvionali costituiti da ghiaie e sabbie limose con ghiaie disperse

- peso dell'unità di volume (γ) = 20 kN/mc = 2,0 t/mc
- angolo di resistenza al taglio (F_i) = 30° per i livelli ghiaiosi e di 27° per la matrice sabbioso limosa

4^livello: Substrato argilloso marnoso stratificato con intercalazione di livelli sabbiosi grigi

- peso dell'unità di volume = 2,0 t/mc = 20 KN/mc
- peso di volume saturo = 2,0 t/mc = 20 KN/mc
- angolo d'attrito F_i = 25°
- coesione drenata $c' = 24$ Kpa
- coesione non drenata (C_u) = 241 KPa = 2,4 Kg/cmq

- 1: limite liquido (LL) = consistenza del terreno per cui esso si trova nella condizione di passaggio dallo stato fluido allo stato plastico
- 2: limite plastico (LP) = consistenza del terreno per cui esso si trova nella condizione di passaggio fra lo stato plastico e quello semisolido
- 3: indice di plasticità (Ip) = differenza tra LL e LP

4.3. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO STRADALE

Secondo le indicazioni di progetto il nuovo tracciato stradale verrà realizzato a monte dell'esistente fino a raccordarsi con l'attuale Sp. Val d'Aso in corrispondenza della sez. 120.

- **dalla sez. 101 alla sez. 103** il nuovo tracciato stradale si svilupperà in trincea. Verranno pertanto realizzati sbancamenti le cui superfici di scavo raggiungeranno l'altezza massima di m. 5,00 in corrispondenza del lato monte e di m. 3,50 in corrispondenza del lato valle (sez. 102);
- **dalla sez. 104 alla sez. 109** la nuova sede stradale verrà realizzata su rilevato il cui spessore massimo di m. 3,50 in sez. 107 tenderà a ridursi fino a quota p.c. in sez. 109;
- **dalla sez. 110 alla sez. 120** il nuovo tratto stradale si svilupperà in trincea con modeste

escavazioni che raggiungeranno l'altezza massima di m. 3,50 sia a monte che a valle del tracciato. In corrispondenza della sez. 120 il nuovo tratto stradale ripercorrerà quello esistente con ampliamenti in corrispondenza del lato monte e fronti di scavo dell'altezza di m. 6,00 (vedi sez. 120)

4.4. VERIFICHE DI STABILITA'

Le verifiche di stabilità sono state effettuate al fine di esaminare le condizioni di equilibrio dei fronti di scavo in caso di ampliamento e/o spostamento del nuovo tracciato stradale a monte dell'esistente.

Tali verifiche sono state effettuate mediante il software **CDD PENDII** utilizzando i metodi **Bishop Janbu, Bell e Sarma** secondo la normativa sismica dell'ordinanza del P.C.M n. 3274 del 2003 .

La verifica di stabilità n. 1 è stata effettuata in corrispondenza della **sez. di progetto n. 120** senza considerare gli effetti di opere di contenimento.

Tale verifica è stata eseguita ipotizzando una superficie di scorrimento circolare passante al piede scarpa e suddivisa in n. 10 conci ciascuno dei quali caratterizzato dai seguenti parametri litotecnici:

p.v.= 1,8 t/mc - $F_i = 27^\circ$ - $c' = 0$ t/m ($c = 0$; condizioni più cautelative) .

Il coefficiente di sicurezza risultatane **F = 0,9 (condizioni di non equilibrio)**

(cfr. verifica allegata)

4.5. CONCLUSIONI

Gli aspetti geomorfologici ed idrogeologici del pendio comprendente l'area in oggetto, l'andamento stratigrafico dei terreni ed i risultati delle verifiche di stabilità, consentono di riassumere quanto segue :

- l'area d'intervento ricade in prossimità della fascia di piede del versante descritto nella relazione geologica;
- essa è interessata oltre che dalle acque di diretta precipitazione meteorica, anche dalle acque di versante provenienti dalle fasce più alte in quota. I terreni indagati appartengono ad un fuso granulometrico tale da consentire l'infiltrazione delle acque superficiali in profondità che alimentano il reticolo idrografico superficiale.
- Le caratteristiche meccaniche delle coltri eluvio colluviali si presentano soddisfacenti; tuttavia divengono scadenti in condizioni sature (annullamento valore della coesione $c = 0$).
- Le indicazioni di progetto prevedono la realizzazione del nuovo tratto stradale mediante rilevati e trincee con fronti di scavo che possono raggiungere l'altezza massima di m. 6,00 come indicato dalla sez. di progetto 120;

- le indicazioni di progetto prevedono il presidio del fronte di scavo mediante la posa in opera di gabbionate disposte su tre file come indicato dalla sez. di progetto 120.

Quanto sopra riportato consiglia di:

- rivolgere particolare attenzione alla protezione dei fronti di scavo dal dilavamento delle acque superficiali mediante la realizzazione di canali di sgrondamento tali da raccogliere le acque superficiali e convogliare le stesse agli impluvi e/o tombini presenti in zona anche e soprattutto durante la fase di esecuzione dei lavori.
- Analizzare le condizioni di stabilità dei fronti di scavo in relazione alle opere di presidio previste.

E' stata effettuata la verifica indicativa di capacità portante di una fondazione superficiale di larghezza unitaria, ancorata alla profondità indicativa di m. 2,00 dal p.c., mediante il metodo di Tezaghi per terreni incoerenti:

$$q_r = 0,5 \times B \times p.v. \times N_\gamma + p.v. \times D \times N_q$$

dove:

q_r = carico di rottura espresso in Kg/cmq

B = larghezza unitaria della fondazione = m.1,00

N_γ = fattore dimensionale di capacità portante = 10 (per $F_i = 27^\circ$; Meyerhof)

$p.v. \times D$ = pressione litostatica agente alla quota di imposta della fondazione = $2,00 \text{ t/mc} \times 2,00 \text{ m} = 2,0 \text{ t/mq}$

N_q = fattore dimensionale di capacità portante = 13 (per $F_i = 27^\circ$; Meyerhof)

Sostituendo:

$$q_r = 0,5 \times 1 \times 2 \times 10 + 2 \times 13 = 10 + 26 = 36 \text{ t/mq} = 3,6 \text{ Kg/cmq}$$

Adottando il coefficiente di sicurezza F pari a 3 si calcola il valore **del carico d'esercizio q_s** :

$$q_s = q_r / 3 = 3,6 / 3 = 1,2 \text{ Kg/cmq}$$

E' stato effettuato secondo le indicazioni dell'ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, il calcolo indicativo della spinta attiva esercitata dai terreni a tergo muro sull'opera di sostegno:

$$S_a = 0,5 \times p.v. \times K \times H^2$$

$p.v.$ = peso specifico del terreno = $2,0 \text{ t/mc}$

K = coefficiente di spinta del terreno

H = altezza indicativa opera presidio = m. 3,00 del muro

n.b. si trascura la componente verticale dell'accelerazione sismica agente sulla struttura

Il calcolo del coefficiente K è stato effettuato mediante la formula di Mononobe e Okabe in condizione di $\beta \leq \varphi - \theta$

β = angolo di inclinazione del pendio = 18°

φ = angolo d'attrito dei terreni = 27°

$\theta = 0$ (si trascura la componente verticale dell'azione sismica)

inoltre:

$\bar{\delta}$ = angolo di resistenza al taglio tra terreno e muro considerato = $\frac{3}{4} \varphi$ (Muller Breslau) = 20°

Pertanto **K risulta = 1,23**

Sostituendo :

Sa = $0,5 \times 2,0 \text{ t/mc} \times 1,23 \times 9 \text{ m}^2 = \mathbf{11 \text{ t/m}}$ spinta indotta dal terreno

5^ TRATTO : TRATTO DI NUOVA REALIZZAZIONE SU RILEVATO DALLA SEZ. 120 ALLA SEZ. 136

5.1. RISULTATO DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI

I terreni che costituiscono le aree interessate dall'intervento in oggetto, sono stati analizzati mediante l'esecuzione dei sondaggi S11, S12, S13, e S14 ubicati secondo quanto indicato dalla planimetria allegata (vedi) .

S11:

da m.0,00 a m. 1,00 : terreno vegetale

da m.1,00 a m. 5,00 : sabbie limose di colore giallastro con detriti di arenaria a spigoli vivi e diffusi resti vegetali e carboniosi

da m.5,00 a m.10,00 : alteranza di sabbie e limi argillosi di colore grigio, laminati con detriti (centimetrici) e trovanti d'arenaria

da m.10,00 a m.20,00: Substrato integro costituito da livelli marnosi grigi stratificati

S12 :

da m.0,00 a m. 9,50 : sabbia limosa e limo sabbioso con diffusi segni di ossidazione rossastri, resti vegetali e qualche trovante di arenaria

da m.9,50 a m.10,00 : deposito alluvionale costituito da ghiaia di piccola granulometria in matrice sabbiosa di colore grigio

da m. 10,00 a m. 11,50 : Substrato alterato

da m. 11,50 a m. 20,00 : Substrato integro costituito da livelli marnosi grigi stratificati

S13:

da m.0,00 a m. 3,00 : limo sabbioso di colore marrone scuro con calcinelli e detriti di arenaria dispersi eterometrici

da m.3,00 a m. 14,00 : limo sabbioso argilloso con calcinelli dispersi, **deformabile da m. 3,00 a m.7,00**

da m.14,00 a m.15,50 : deposito alluvionale costituito da ghiaie eterometriche ed eterogenee in matrice limoso sabbiosa

da m.15,50 a m.20,00 : Substrato integro costituito da livelli marnosi grigi stratificati

S14:

da m.0,00 a m. 15,00 : limo sabbioso argilloso di colore giallo marrone con calcinelli e resti vegetali

da m.15,00 a m.19,50 : deposito alluvionale costituito da ghiaie eterometriche con trovaneti di

arenaria in matrice limoso sabbiosa

da m.19,50 a m.20,00 : Substrato alterato costituito da livelli marnosi grigi stratificati

5.2. PROVE GEOTECNICHE

Le caratteristiche meccaniche dei terreni che costituiscono l'area interessata dal tracciato stradale in oggetto sono state rilevate mediante:

- l'esecuzione di prove di laboratorio effettuate sui campioni di terreno prelevati in perforazione;
- esecuzione di n. 2 penetrometriche statiche continue **CPT1 e CPT2** ubicate così come indicato in planimetria e spinte rispettivamente fino alla profondità di m. 12,31 e di m. 9,87

5.2.1. Risultati delle prove di laboratorio

In corrispondenza del sondaggio **S13** è stato prelevato il campione indisturbato da m. 5,00 a m. 5,40 sottoposto ai seguenti esami :

- prova di compressione edometrica,
- prova di espansione laterale libera (ELL),
- prova di taglio diretto.

(vedi all. R1.4 certificati di laboratorio)

La prova di compressione edometrica permette di studiare la deformabilità monodimensionale e la consolidazione unidirezionale di un campione sottoposto ad espansione laterale impedita. Pertanto si analizzano le deformazioni assiali, per compressione del terreno, in condizioni tipiche drenate. I parametri derivanti da tale prova (modulo edometrico **Eed**, coefficiente di compressibilità **Cc** e coefficiente di consolidazione **Cv**) vengono utilizzati per il calcolo dei cedimenti.

La prova di espansione laterale libera consiste nel misurare la resistenza a compressione assiale di provini di terreni coerenti, lasciati liberi di espandersi lateralmente. Si ottiene quindi il valore della resistenza non drenata, ossia la **coesione cu** per il calcolo di stabilità delle argille.

La prova di taglio diretto determina, in condizioni drenate, il valore di **angolo d'attrito φ** e di **coesione c** del terreno.

I risultati delle prove eseguite sul campione, prelevato da m. 5,00 a m.5,40, hanno rilevato:

- peso dell'unità di volume $(\gamma) = 20,56 \text{ kN/mc} = 2,0 \text{ t/mc}$
- peso dell'unità di volume secco $(\gamma_d) = 17,23 \text{ kN/mc} = 1,72 \text{ t/mc}$
- angolo di resistenza al taglio $(\varphi) = 25^\circ$
- coesione efficace $(c') = 5 \text{ kPa}$

- limite liquido (LL)¹ = 40%
- limite plastico (LP)² = 18%
- indice di plasticità (IP)³ = 22

- 1: limite liquido (LL) = consistenza del terreno per cui esso si trova nella condizione di passaggio dallo stato fluido allo stato plastico
- 2: limite plastico (LP) = consistenza del terreno per cui esso si trova nella condizione di passaggio fra lo stato plastico e quello semisolido
- 3: indice di plasticità (Ip) = differenza tra LL e LP

5.2.2. Risultati delle prove penetrometriche statiche CPT

In corrispondenza dell' area interessata dalla realizzazione del nuovo tratto di strada studiato, sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche statiche **CPT1** e **CPT2**.

La prova CPT1, ubicata tra il sondaggio **S12** ed il sondaggio **S13**, ha raggiunto la profondità di m.12,31 dal p.c. attuale.

I grafici di resistenza di tale prova evidenziano :

- fino alla profondità di m. 1,90 circa dal p.c. i valori della resistenza di **qc** (resistenza di punta) e **fs** (resistenza per attrito laterale) risultano elevati con valori **medi** rispettivamente di 7 MPa (70 Kg/cmq) e di 250 KPa (2,5 Kg/cmq)
- dalla profondità di m. 1,90 a m. 5,00 dal p.c. attuale i valori di resistenza subiscono una sensibile riduzione con valori **medi** di **qc** pari a 2 MPa (20 Kg /cmq) e **fs** pari a 50 Kpa (5 K/cmq) ;
- da m. 5,00 a m. 12,31 (fine prova) i grafici dei valori di resistenza evidenziano un andamento irregolare e valori medi di resistenza che per **qc** sono pari a 2 -3 MPa(20 -30 Kg/cmq) e per **fs** sono pari a 70 KPa (7 Kg/cmq) . Il picchi massimi, localizzati e indotti dalla presenza di detriti dispersi, caratterizzano solo alcuni cm di terreno.

La prova CPT2, ubicata in prossimità del sondaggio **S14** ha raggiunto la profondità di m. 9,87 dal p.c. attuale.

I grafici di resistenza di tale prova evidenziano :

- fino alla profondità di m. 0,72 circa dal p.c. i valori della resistenza di **qc** (resistenza di punta) e **fs** (resistenza per attrito laterale) risultano con valori **medi** rispettivamente di 3 MPa(30 Kg/cmq) e di 100 KPa (1Kg/cmq) ;
- dalla profondità di m. 0,72 a m. 7,36 dal p.c. attuale i grafici dei valori di resistenza evidenziano un andamento irregolare e valori medi di resistenza che per **qc** sono pari a 2 MPa (20 Kg/cmq) e per **fs** sono pari a 50 KPa (5 Kg/cmq) . Il picchi massimi,

localizzati e indotti dalla presenza di detriti dispersi, caratterizzano solo alcuni cm di terreno.

- da m. 7,36 a m. 9,87 (fine prova) i grafici dei valori di resistenza evidenziano un andamento costante fino alla profondità di circa m. 9,00 dal p.c. con valori medi di **qc** pari a 4 MPa (40 Kg/cmq) e **fs** pari a 120 KPa (1,2 Kg/cmq); il valori delle resistenze subiscono poi un repentino incremento da circa m.9,00 a m. 9,87.

5.3. CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TERRENI

La sequenza stratigrafica dei terreni, i risultati delle prove di laboratorio e le prove statiche eseguite nell'area di studio, consentono di individuare i seguenti livelli geotecnici:

1^livello: coltre eluvio colluviale costituita da limo argilloso sabbioso con detriti di arenaria dispersi , concrezioni calcaree (calcinelli) e resti vegetali

(analisi di laboratorio rif. S13 C1 da m. 5,00 a m. 5,40)

- ubicazione **media** in profondità : da m. 0,00 a m.7,00
- spessore medio =m. 7,00
- peso dell'unità di volume $(\gamma) = 20,56 \text{ kN/mc} = 2,0 \text{ t/mc}$
- peso dell'unità di volume secco $(\gamma_d) = 17,23 \text{ kN/mc} = 1,72 \text{ t/mc}$
- angolo di resistenza al taglio $(\text{Fi}) = 25^\circ$
- coesione efficace $(c') = 5 \text{ kPa} = 0,5 \text{ t/mq}$
- limite liquido (LL)¹ = 40%
- limite plastico (LP)² = 18%
- indice di plasticità (IP)³ = 22

2^livello: limi argilloso sabbiosi con resti vegetali diffusi

(analisi di laboratorio rif. S3 C1 da m. 12,00 a m. 12,50)

- ubicazione **massima** in profondità : da m. 7,00 a m.15,00
- spessore massimo =m. 8,00
- peso dell'unità di volume $(\gamma) = 20,72 \text{ kN/mc} = 2,0 \text{ t/mc}$
- peso dell'unità di volume secco $(\gamma_d) = 17,58 \text{ kN/mc} = 1,75 \text{ t/mc}$
- angolo di resistenza al taglio $(\text{Fi}) = 27^\circ$
- coesione efficace $(c') = 15 \text{ kPa} = 1,5 \text{ t/mq}$
- limite liquido (LL)¹ = 44%
- limite plastico (LP)² = 19%
- indice di plasticità (IP)³ = 25

3^livello: depositi alluvionali costituiti da ghiaie e sabbie limose con ghiaie disperse

- peso dell'unità di volume $(\gamma) = 20 \text{ kN/mc} = 2,0 \text{ t/mc}$
- angolo di resistenza al taglio $(\text{Fi}) = 30^\circ$ per i livelli ghiaiosi e di 27° per la matrice sabbioso

4^livello: Substrato argilloso marnoso stratificato con intercalazione di livelli sabbiosi grigi

- peso dell'unità di volume = $2,0 \text{ t/mc} = 20 \text{ KN/mc}$
- peso di volume saturo = $2,0 \text{ t/mc} = 20 \text{ KN/mc}$
- angolo d'attrito $\text{Fi} = 25^\circ$
- coesione drenata $c' = 24 \text{ Kpa}$
- coesione non drenata $(\text{Cu}) = 241 \text{ KPa} = 2,4 \text{ Kg/cmq}$

5.4. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO STRADALE

Secondo le indicazioni di progetto, il nuovo tracciato stradale, a partire dalla **sez. 121** si svilupperà a valle della strada attuale per poi intercettare e proseguire a monte di quest'ultima fino alla **sez. 136**.

In particolare :

- dalla **sez. 121** (in corrispondenza della quale la quota del piano strada è pressochè coincidente con il p.c.) **alla sez. 128**, il nuovo tracciato stradale si svilupperà su rilevato il cui spessore massimo di m. 4,50 **in sez. 123** tende a ridursi gradualmente verso Est fino alla quota p.c. in **sez. 130**;
- le indicazioni della planimetria di progetto prevedono la realizzazione di un'ulteriore bretella (a valle del tracciato descritto al punto precedente), mediante rilevato con raccordo al nuovo rilevato sovrastante (vedi sez. 123) ;
- dalla **sez. 130 alla sez. 132** il nuovo tracciato stradale intercetterà l'esistente che verrà ampliato mediante l'esecuzione di modeste escavazioni e la posa in opera di modesti rilevati,
- dalla **sez. 132 alla sez. 136** il tracciato stradale si svilupperà in trincea con escavazioni il cui fronte raggiungerà H max. di circa m. 6 in corrispondenza del lato monte strada.

5.5. VERIFICHE DI STABILITA' E CEDIMENTI

5.5.1. Verifiche di stabilità

Le verifiche di stabilità sono state effettuate al fine di esaminare le condizioni di equilibrio dei fronti di scavo in caso di ampliamento e/o spostamento del nuovo tracciato stradale a monte dell'esistente.

Tali verifiche sono state effettuate mediante il software **CDD PENDII** utilizzando i metodi **Bishop Janbu, Bell e Sarma** secondo la normativa sismica dell'ordinanza del P.C.M n. 3274 del 2003 e senza tener conto delle azioni indotte da opere di contenimento.

Le verifiche sono state effettuate, in corrispondenza della **sez. 136** ritenuta più significativa per l'entità degli scavi da effettuare a monte.

La verifica di stabilità n. 1 (sez. 136) è stata effettuata ipotizzando una superficie di scorrimento circolare passante al piede scarpa e suddivisa in n. 10 conci ciascuno dei quali caratterizzato dai seguenti parametri litotecnici: $p.v. = 2,0 \text{ t/mc}$ - $F_i = 25^\circ$ - $c' = 0 \text{ t/mq}$ (condizioni di saturazione) .

In tali condizioni il coefficiente di sicurezza risultante **F = circa 0,9 (condizioni di non equilibrio cfr. verifica allegata)**

La verifica di stabilità n. 2 è stata eseguita considerando le medesime condizioni della verifica precedente ad eccezione del valore di coesione $c = 0,5 \text{ t/mq}$ (S13 C1 da m.5,00 a m. 5,50) (1^ livello geotecnico) .

Tale verifica ha indicato un incremento importante del coefficiente di sicurezza con **F = 1,1 (condizione di equilibrio precario; cfr. verifica allegata)**

Le condizioni di equilibrio delle scarpate dei rilevati sono state valutate in corrispondenza della **sez. n. 123.**

E' stata ipotizzata una superficie di scorrimento circolare passante al piede scarpa ed i seguenti parametri geotecnici : $p.v. = 2,0 \text{ t/mc}$ - $F_i = 30$ - $c' = 0 \text{ t/mq}$ (rilevato inerte) .

Le verifiche hanno calcolato un coefficiente di sicurezza **F pari a 0,9 (condizioni di non equilibrio)** in corrispondenza delle scarpate di valle ed **F = 1,2** considerando la superficie di scorrimento estesa a tutto il rilevato.

5.5.2. Analisi dei cedimenti

Dalla sez. 122 alla sez. 128 il nuovo tracciato stradale si svilupperà con orientamento E - W, a valle di quello esistente. In aggiunta, a valle del nuovo tracciato, sarà realizzata una bretella di collegamento con l'attuale strada provinciale.

(vedi planimetria)

In corrispondenza della **sez. trasv. 123**, dove le indicazioni di progetto prevedono la posa in opera di rilevato per un'altezza massima di m. 4,50 con un ingombro di circa ml. 40,00 secondo la direzione monte valle (verrà realizzata una seconda bretella a valle del nuovo asse viario principale), è stata effettuata l'analisi dei cedimenti indotti nel terreno.

La stratigrafia considerata, riferita a quella del sondaggio **S12** e desunta dalla ricostruzione del profilo geologico in corrispondenza della **sez. 123**. (vedi) è la seguente :

da m. 0,00 a m.5,00 : limo sabbioso argilloso con diffusi segni di ossidazione rossastri concrezioni calcaree e qualche detrito disperso

da m. 5,00 a m.9,50 : sabbia limosa di colore grigio con detriti e qualche trovante di arenaria

da m.9,50 a m.11,50: substrato argilloso marnoso alterato

da m.11,50 a m. 20,00 :substrato argilloso marnoso integro

La sequenza stratigrafica sopra riportata unitamente ai risultati delle prove di laboratorio effettuate sui campioni di terreno prelevati in perforazione consentesi individuare i seguenti livelli geotecnici :

1^livello: limo sabbioso argilloso con diffusi segni di ossidazione rossastri concrezioni calcaree e qualche detrito disperso

(analisi di laboratorio rif. S13 C1 da m. 5,00 a m. 5,40)

- ubicazione **media** in profondità : da m. 0,00 a m.5,00
- spessore medio =m. 5,00
- peso dell'unità di volume $(\gamma) = 20,56 \text{ kN/mc} = 2,0 \text{ t/mc}$
- peso dell'unità di volume secco $(\gamma_d) = 17,23 \text{ kN/mc} = 1,72 \text{ t/mc}$
- angolo di resistenza al taglio $(\text{Fi}) = 25^\circ$
- coesione efficace $(c') = 5 \text{ kPa} = 0,5 \text{ t/mq}$
- coesione non drenata $(c_u) = 5 \text{ t/mq}$ (**valore più cautelativo ricavato dalle CPT**)
- limite liquido $(LL)^1 = 40\%$
- limite plastico $(LP)^2 = 18\%$
- indice di plasticità $(IP)^3 = 22$

2^livello: limi argilloso sabbiosi con resti vegetali diffusi

(analisi di laboratorio rif. S3 C1 da m. 12,00 a m. 12,50)

- ubicazione **massima** in profondità : da m. 5,00 a m.9,00
- spessore massimo =m. 8,00
- peso dell'unità di volume $(\gamma) = 20,72 \text{ kN/mc} = 2,0 \text{ t/mc}$
- peso dell'unità di volume secco $(\gamma_d) = 17,58 \text{ kN/mc} = 1,75 \text{ t/mc}$
- angolo di resistenza al taglio $(\phi) = 27^\circ$
- coesione efficace $(c') = 15 \text{ kPa}$
- limite liquido (LL)¹ = 44%
- limite plastico (LP)² = 19%
- indice di plasticità (IP)³ = 25

4^livello: Substrato argilloso marnoso stratificato con intercalazione di livelli sabbiosi grigi

- peso dell'unità di volume = 2,0 t/mc = 20 KN/mc
- peso di volume saturo = 2,0 t/mc = 20 KN/mc
- angolo d'attrito $\phi = 25^\circ$
- coesione drenata $c' = 24 \text{ Kpa}$
- coesione non drenata (Cu) = 241 KPa = 2,4 Kg/cm²

- 1: limite liquido (LL) = consistenza del terreno per cui esso si trova nella condizione di passaggio dallo stato fluido allo stato plastico
- 2: limite plastico (LP) = consistenza del terreno per cui esso si trova nella condizione di passaggio fra lo stato plastico e quello semisolido
- 3: indice di plasticità (Ip) = differenza tra LL e LP

5.4.3. Analisi dei cedimenti – Risultati – Verifica capacità portante dei terreni

Come già scritto, l'analisi dei cedimenti è stata effettuata in corrispondenza della sezione di progetto 123 caratterizzata dall'altezza max. di rilevato pari a m. 4,50.

(vedi allegato - analisi dei cedimenti R3.1)

L'entità dei cedimenti su ciascuna verticale riferita alla geometria del rilevato è riportata dai tabulati allegati alla presente relazione. (vedi)

L'analisi dei cedimenti, eseguita ipotizzando il piano campagna orizzontale, con rilevato ancorato alla profondità di m. 1,00 dal p.c., , oltre ai parametri di resistenza indicati al precedente paragrafo, considera, **per il 1^ livello geotecnico, il valore del modulo edometrico** rilevato alla pressione di prova σ di 100 kPa.

(pari alla pressione litostatica calcolata alla profondità di m. 5,00 dal p.c. – terreni normal consolidati)

$M = 5,8 \text{ MPa}$. (cfr. certificati di laboratorio **S13 ;C1 da m. 5,00 a m. 5,40**)

Per il 2° livello geotecnico il valore del modulo Edometrico rilevato alla pressione di prova σ di 200 kPa (pari alla pressione litostatica calcolata alla profondità di m. 10,00 dal p.c. – terreni normal consolidati = 17,9 MPa. (cfr. certificati di laboratorio **S3;C2 da m. 12,00 a m.12,50**)

Il modulo elastico $= [1 / 2 \times (1 + \nu)] \times E_{ed}$

dove:

ν = coefficiente di Poisson = 0,3

E_{ed} = modulo edometrico considerato nel calcolo

Pertanto, nel calcolo dei cedimenti, sono stati considerati:

1° livello geotecnico:

$E_s = 2,23 \text{ MPa}$

$E_{ed} = 5,8 \text{ MPa}$

2° livello geotecnico:

$E_s = 6,9 \text{ MPa}$

$E_{ed} = 17,9 \text{ MPa}$

In particolare **i cedimenti immediati massimi** calcolati al punto 27.2 sono pari a circa **23 cm**.

I cedimenti totali calcolati sono pari a cm. 32,3.

Il valore dei cedimenti si riduce agli estremi del rilevato.

(vedi allegato R3.1 - analisi cedimenti)

5.5.4. Verifica indicativa di capacità portante

E' stata inoltre effettuata la **verifica di capacità portante** del terreno di fondazione rappresentato da limo argilloso deformabile intercettato dal **S13** dal m. 3,00 a m. 7,00 dal p.c. le cui caratteristiche meccaniche sono state rilevate mediante analisi di laboratorio.

Il calcolo indicativo, considerando la pressione litostatica alla quota di m. 2,00 dal p.c. attuale è stato effettuato, mediante la formula di Terzaghi per terreni coerenti normal consolidati ed assumendo la $c_u = 5 \text{ t/mq}$:

$$q_r = p.v.xD + 5,7 \times C_u$$

dove

qr = carico di rottura espresso in t/mq e Kg/cmq

p.v.x D = pressione litostatica agente alla quota di imposta della fondazione = 2,0 t/mq

Cu = coesione non drenata = 5 t/mq

qr = 2,0 t/mc x 1 m + 5,7 x 5 t/mq = 2 t/mq + 28,5 t/mq = 30,5 t/mq = 3,0 Kg/cmq

Adottando un coefficiente di sicurezza F pari a 3 si determina il valore del carico ammissibile:

$$q_a = q_r / 3$$

q_a = 3 / 3 = 1 Kg/cmq carico ammissibile

Le tensioni indotte nei terreni di fondazione, a seguito della posa in opera del rilevato stradale inerte della base di ml. 40, con altezza pari a m.4,50, per ogni metro di larghezza pari ad un volume complessivo circa mc.180 di terreno del peso di 360 t sono circa **9 t/mq = 0,9 Kg/cmq**

5.6. CONCLUSIONI

Gli aspetti geomorfologici ed idrogeologici del pendio comprendente l'area in oggetto, l'andamento stratigrafico dei terreni ed i risultati delle verifiche di stabilità e analisi dei cedimenti eseguite, consentono di **riassumere** quanto segue :

- l'area d'intervento appartiene alla fascia di piede del versante costituito da una coltre detritica dello spessore medio di m. 15,00 dal p.c.;
- tale versante comprende l'impluvio delimitato ad Est e ad Ovest da spartiacque locali collegati più a monte al rilievo sabbioso conglomeratico di Montefalcone Appennino;
- la morfologia generale del pendio che comprende l'area d'intervento, si presenta diffusamente irregolare e le condizioni di equilibrio risultano condizionate dal reticolo idrografico superficiale caratterizzato da impluvi secondari che, delimitati da locali spartiacque, costituiscono i collettori delle acque di deflusso superficiale;
- la coltre detritica eterogenea conferisce al pendio in oggetto una permeabilità ridotta e/o variabile. In occasione di intense precipitazioni la matrice limoso argilloso sabbiosa può essere interessata da fenomeni di saturazione con circolazioni idriche temporanee tali da favorire la mobilizzazioni dei depositi superficiali.

Quanto esposto evidenzia come l'area interessata dal tracciato stradale in oggetto, appartenga ad un versante le cui condizioni di equilibrio non ottimali ma attualmente stabili (colamento quiescente), debbano essere oggetto di massima attenzione nelle scelte progettuali.

Pertanto, previa posa in opera di rilevati e/o esecuzione scavi, si consiglia la realizzazione di drenaggi, a monte dell'area d'intervento, per il controllo delle acque di infiltrazione superficiale anche durante l'esecuzione dei lavori.

Prima di procedere alla costruzione del rilevato è fondamentale, così come indicato dalla norme UNI – CNR 10006 " Costruzione e manutenzione delle strade – tecnica di impiego delle terre ":

- decorticare dal p.c. il terreno vegetale per lo spessore di m. 1,00 -1,50;
- conformare il piano di posa a gradoni, anche in contropendenza

Inoltre, per garantire nel tempo gli equilibri delle scarpate del rilevato stradale si consiglia:

- di rimodellare le stesse mediante la realizzazione di gradoni in contropendenza;
- di curare con particolare attenzione la regimazione delle acque superficiali mediante la realizzazione di canali di sgrondamento tali da raccogliere e convogliare le acque al di fuori dell'area d'intervento
- di realizzare opere di presidio in aderenza alla sede stradale al fine di contenere le spinte indotte dal rilevato e dal sovraccarico veicolare e dimensionate in modo da trasferire i carichi indotti al substrato marnoso integro superando le coltri detritiche.

6^ TRATTO : GALLERIA EST DALLA SEZ. 136 ALLA SEZ. 154

6.1. RISULTATO DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI

Le sequenze stratigrafiche dei terreni che costituiscono l'area in oggetto sono state rilevate mediante l'esecuzione dei sondaggi **S14, S16, S17, S18** (cfr. colonne stratigrafiche) la cui ubicazione è riportata in planimetria. (vedi allegato)

S14:

- da m. 0,00 a m. 2,00 : limo sabbioso di colore marrone rossastro
- da m. 2,00 a m.15,00 : limo argilloso sabbioso di colore giallo marrone con detriti di arenaria dispersi. Sono presenti calcinelli e resti vegetali
- da m.15,00 a m.19,50: deposito alluvionale costituito da ghiaie eterometriche ed eterogenee con trovanti di arenaria in matrice limoso sabbiosa
- da m.19,50 a m.20,00: Substrato argilloso marnoso con intercalazione di livelli sabbiosi grigi

S16 :

- da m. 0,00 a m. 1,50 : trovanti di arenaria in matrice sabbioso limosa con calcinelli biancastri
- da m. 1,50 a m.26,00 : coltre eluvio colluviale rappresentata da sabbie e limi giallastri con detriti di arenaria e calcarei eterometrici limo argilloso sabbioso di colore giallo marrone con detriti di arenaria dispersi. Sono presenti calcinelli e resti vegetali
- da m.15,00 a m.19,50: deposito alluvionale costituito da ghiaie eterometriche ed eterogenee con trovanti di arenaria in matrice limoso sabbiosa
- da m.19,50 a m.20,00: substrato rappresentato dalle argille marnose grigie stratificate con intercalazione di livelli sabbiosi grigi

S17:

- da m.0,00 a m. 9,00 : depositi detritici di conoide alluvionale
- da m. 9,00 a m. 28,50 : coltre eluvio colluviale costituito da sabbie e limi con detriti e trovanti calcarei e di arenaria
- da m.28,50 a m.36,00 : deposito alluvionale costituito da ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa
- da m.36,00 a m.40,00 : substrato alterato costituito da argille marnose grigie stratificate

S18:

- da m.0,00 a m. 0,50 : terreno vegetale
- da m.0,50 a m. 10,00 : coltre eluvio colluviale
- da m.10,00 a m.22,50 : deposito alluvionale costituito da ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa

da m.22,50 a m.30,00: substrato costituito da argille marnose grigie stratificate con intercalazione di livelli di sabbia grigi

6.2. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO STRADALE

A partire dalla sez. 134, il nuovo tracciato stradale intercetta le fasce dei pendii estesi a monte dell'attuale sede stradale.

In particolare:

- **dalla sez. 134 alla sez. 136** le indicazioni di progetto prevedono l'esecuzione di scavi di modesta altezza (media 2,50 metri) presidiati da gabbionate.
- **dalla sez.136 fino alla sez. 140** le indicazioni di progetto prevedono l'esecuzione di sbancamenti a monte ed il rimodellamento a gradoni della superficie di scavo con angoli di scarpa di 20°. Tale superficie di scavo verrà presidiata dalla paratia di pali (cfr. sezioni di progetto)
- **dalla sez. 140 alla sez. 149**, per il prosieguo del tratto stradale in galleria artificiale, gli sbancamenti interesseranno anche la porzione di pendio a valle della nuova opera. A partire dalla **sez. 143**, le superfici di scavo, rimodellate a gradoni, potranno raggiungere un angolo di scarpa di 35°. Inoltre, **dalla sez. 141 alla sez.149** le indicazioni di progetto prevedono il parziale ritombamento dell'area scavata. (vedi sez. di progetto)
- in corrispondenza **della sez. 150** il nuovo tratto stradale si svilupperà in trincea con escavazioni di modesta entità ed in **sez. 151** lo stesso tratto di strada si svilupperà su rilevato dello spessore di circa m. 2,00;
- **dalla sez. 152 alla sez. 154**, il nuovo asse viario, intercettando il fosso che alimenta in sinistra il F. Aso, si svilupperà su viadotto denominato " Montefalcone " .

Per gli aspetti geotecnici di dettaglio si rimanda all'elaborato specifico

R3.3 " GALLERIE "

7^ TRATTO : TRATTO IN AMPLIAMENTO DALLA SEZ. 154 ALLA SEZ. 164

7.1. RISULTATO DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI

Le sequenze stratigrafiche dei terreni che costituiscono l'area in oggetto sono state rilevate mediante l'esecuzione del sondaggio S19. (cfr. colonne stratigrafiche)

S19

da m.0,00 a m. 1,00 : terreno vegetale

da m.1,00 a m.10,00 : coltre eluvio colluviale costituito da sabbie e limi con detriti di piccola granulometria e resti vegetali dispersi

da m.10,00 a m.21,00 : deposito alluvionale costituito da sabbie e ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa

da m.21,00 a m.25,00 : substrato costituito da argille marnose grigie stratificate con intercalazione di livelli sabbiosi grigi

7.2. CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TERRENI INDAGATI

I sondaggi di riferimento per l'area interessata dal nuovo tracciato stradale – 7^ tratto – sono S18 e S19.

La sequenza stratigrafica dei terreni rilevati consente di individuare i seguenti livelli geotecnici:

1^livello: coltre eluvio colluviale costituita da sabbie limoso argillose di colore marrone grigiastro con segni di ossidazione rossastri diffusi

- ubicazione **media** in profondità : da m. 0,00 a m.4,20
- spessore medio =m. 4,20
- peso dell'unità di volume (γ) = 20,56 kN/mc = 2,0 t/mc
- peso dell'unità di volume secco (γ_d) = 17,23 kN/mc = 1,72 t/mc
- angolo di resistenza al taglio (F_i) = 27°

2^livello: limi argilloso sabbiosi con resti vegetali diffusi con qualche detrito disperso, deformabile

- ubicazione **media** in profondità : da m. 4,20 a m.6,50
- spessore massimo =m. 2,30
- peso dell'unità di volume (γ) = 20,72 kN/mc = 2,0 t/mc
- peso dell'unità di volume secco (γ_d) = 17,58 kN/mc = 1,75 t/mc

- angolo di resistenza al taglio $(\phi) = 25^\circ$
- coesione efficace $(c') = 5 \text{ kPa}$

3^livello: sabbie limose di colore grigio localmente umidi

- ubicazione **media** in profondità : da m. 6,50 a m.10,00
- spessore massimo =m. 3,50
- peso dell'unità di volume $(\gamma) = 20,72 \text{ kN/mc} = 2,0 \text{ t/mc}$
- peso dell'unità di volume secco $(\gamma_d) = 17,58 \text{ kN/mc} = 1,75 \text{ t/mc}$
- angolo di resistenza al taglio $(\phi) = 27^\circ$

4^livello: deposito alluvionale costituito da sabbie limose grigie caratterizzate da un principio di laminazione

- ubicazione **media** in profondità : da m. 10,00 a m.13,00
- spessore massimo =m. 3,00
- peso dell'unità di volume $(\gamma) = 20,72 \text{ kN/mc} = 2,0 \text{ t/mc}$
- peso dell'unità di volume secco $(\gamma_d) = 17,58 \text{ kN/mc} = 1,75 \text{ t/mc}$
- angolo di resistenza al taglio $(\phi) = 28^\circ$

5^livello: depositi alluvionali costituiti da ghiaie e sabbie limose con ghiaie disperse

- ubicazione **media** in profondità : da m. 13,00 a m.21,00
- spessore massimo =m.8,00
- peso dell'unità di volume $(\gamma) = 2,0 \text{ t/mc}$
- peso dell'unità di volume secco $(\gamma_d) = 1,75 \text{ t/mc}$
- angolo di resistenza al taglio $(\phi) = 30^\circ$

6^livello: substrato costituito da argille marnose grigie stratificate con intercalazione di livelli sabbiosi grigi

- ubicazione in profondità : da m. 21,00 in poi
- peso dell'unità di volume $(\gamma) = 2,0 \text{ t/mc}$
- angolo d'attrito $\phi = 25^\circ$
- coesione drenata $c' = 24 \text{ Kpa}$
- coesione non drenata $(C_u) = 241 \text{ KPa} = 2,4 \text{ Kg/cm}^2$

7.3. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO STRADALE

Dalla sez. 154 alla sez. 157, il nuovo tratto di strada verrà realizzato su rilevato di H media pari a m. 5,50;

- in corrispondenza della sez. 157 e 159 il nuovo tratto di strada ripercorre quello esistente;
- dalla sez. 159 alla sez. 164 verranno realizzati ampliamenti dell'attuale sede stradale mediante sbancamenti in corrispondenza del lato monte, con fronti di scavo dell'altezza di m. 10.
(cfr. sezioni di progetto)
- dalla sez. 164 alla sez. 168 il nuovo tratto stradale ripercorrerà l'esistente con ampliamenti mediante scavi a monte e rilevati a valle di modesta entità.

7.4. VERIFICHE DI STABILITA'

Le verifiche di stabilità sono state effettuate al fine di esaminare le condizioni di equilibrio dei fronti di scavo in caso di ampliamento e/o spostamento del nuovo tracciato stradale.

Tali verifiche sono state effettuate mediante il software **CDD PENDII** utilizzando i metodi **Bishop Janbu, Bell e Sarma** secondo la normativa sismica dell'ordinanza del P.C.M n. 3274 del 2003 e senza tener conto di opere di sostegno.

In corrispondenza della sez. 156, dove le indicazioni di progetto prevedono l'ampliamento della tratto viario mediante la posa in opera di rilevato granulare.

Pertanto è stata eseguita la verifica di stabilità al fine di analizzare le condizioni di equilibrio della nuova scarpata stradale (rilevato) di raccordo con il p.c. originario.

La verifica di stabilità n. 1 è stata effettuata ipotizzando una superficie di scorrimento circolare passante al piede scarpa e suddivisa in n. 10 conci e l'individuazione di n.3 livelli geotecnici caratterizzati dalle seguenti proprietà meccaniche:

1^ livello : Rilevato stradale:	p.v. = 2,0 t/mc ; Fi = 30°
2^ livello : sabbie limose eluvio colluviale :	p.v. = 2,0 t/mc ; Fi = 27°
3^ livello : limo sabbioso argilloso deformabile :	p.v. = 2,0 t/mc ; Fi = 25°; C = 5 t/mq

In tali condizioni il coefficiente di sicurezza risultatane **F = 0,9 (condizioni di non equilibrio; cfr. verifica allegata)**

In corrispondenza della sez. 162, dove le indicazioni di progetto prevedono l'ampliamento dell'attuale tratto viario mediante sbancamenti in corrispondenza del lato monte strada

Per la sez. 162, la verifica di stabilità è stata eseguita ipotizzando una superficie di scorrimento circolare passante al piede scarpa e suddivisa in n. 10 conci per ciascuno dei quali sono considerando le

medesime condizioni della verifica precedente ovvero $F_i = 27^\circ$ e $c = 0$ t/mq (condizione più cautelativa).

Tale verifica ha indicato il coefficiente di sicurezza pari a **0,8 (condizione di non equilibrio ;cfr. verifica allegata)**

7.5. CONCLUSIONI

Gli aspetti geomorfologici ed idrogeologici del pendio comprendente l'area in oggetto, l'andamento stratigrafico dei terreni ed i risultati delle verifiche di stabilità, consentono di riassumere quanto segue :

- l'area d'intervento ricade in prossimità della fascia di piede del versante descritto nella relazione geologica;
- essa è interessata oltre che dalle acque di precipitazione meteorica, anche dalle acque di versante provenienti dalle fasce più alte in quota. I terreni indagati appartengono ad un fuso granulometrico tale da consentire l'infiltrazione delle acque superficiali in profondità che alimentano il reticolo idrografico superficiale.
- Le caratteristiche meccaniche delle coltri eluvio colluviali si presentano soddisfacenti; esse migliorano in corrispondenza delle ghiaie alluvionali e divengono ottime in corrispondenza del substrato.

Le indicazioni di progetto prevedono la realizzazione del nuovo tratto di strada mediante la posa in opera di rilevati a valle dell'attuale strada e mediante l'esecuzione di scavo a monte.

Quanto descritto consiglia:

- di porre adeguata attenzione, anche durante la realizzazione degli scavi che, così come da indicazioni progettuali, potranno raggiungere l'altezza di m. 10,00 (sez. 156), al drenaggio delle acque di infiltrazione unitamente alla regimazione delle acque superficiali;
- di rimodellare a gradoni le superfici di scavo con angoli di scarpa compatibili con le caratteristiche meccaniche dei terreni e comunque non superiori a 27° ;
- prevedere opportune opere di presidio;
- previa posa in opera di rilevati, di decorticare il manto vegetale per lo spessore di almeno m. 1,00 e di conformare il piano di posa dei rilevati a gradoni in contropendenza;
- di rimodellare a gradoni le scarpate dei rilevati di raccordo con il p.c. originario e prevedere la realizzazione di opere di presidio in aderenza al nuovo piano stradale dimensionate al fine di contenere le spinte delle terre e del sovraccarico veicolare.

(norme UNI CNR 10006 " Costruzione e manutenzione delle strade – tecnica di impiego delle terre ")

Ascoli Piceno, Dicembre 2008

Il Geologo
Dott.ssa Claudia Filiaggi