

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

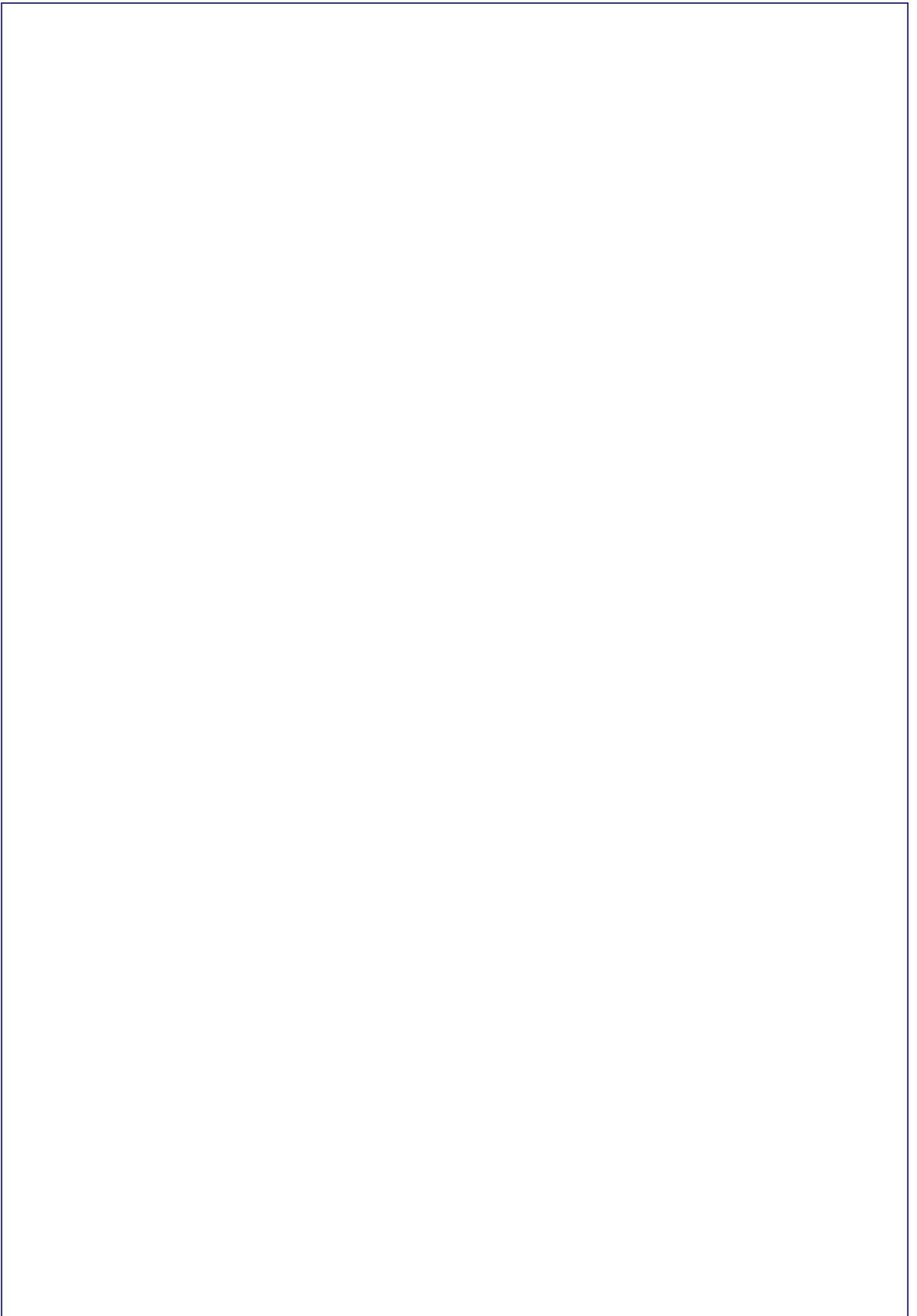
IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
SACYR S.A.U. (MANDANTE)
ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

<p>IL PROGETTISTA</p>  <p>S.p.A. CONSULENZA E ASSISTENZA TECNICA nel campo della GEINGEGNERIA</p> <p>Dott. Ing. G. Cassani Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n°15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
---	---	--	--

<p><i>Unità Funzionale</i></p> <p><i>Tipo di sistema</i></p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i></p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i></p> <p><i>Titolo del documento</i></p>	<p>COLLEGAMENTI CALABRIA</p> <p>INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI</p> <p>ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE</p> <p>GALLERIA NATURALE</p> <p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>CS0211_F0</p>
---	---	------------------

CODICE	<table border="1"> <tr> <td>C</td><td>G</td><td>0</td><td>8</td><td>0</td><td>0</td> <td>P</td><td>R</td><td>G</td><td>D</td><td>C</td><td>S</td><td>C</td><td>0</td><td>0</td><td>G</td><td>N</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>F</td><td>0</td> </tr> </table>	C	G	0	8	0	0	P	R	G	D	C	S	C	0	0	G	N	0	0	0	0	0	0	1	F	0
C	G	0	8	0	0	P	R	G	D	C	S	C	0	0	G	N	0	0	0	0	0	0	1	F	0		

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	M.FRANDINO	A.BELLOCCHIO	G.CASSANI



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

INDICE	3
1 Premessa	9
2 Riferimenti normativi e documentazione di riferimento	10
2.1 Applicazione della Normativa	10
3 Caratteristiche dei materiali.....	13
4 Inquadramento generale dell'opera.....	16
4.1 Inquadramento territoriale	16
4.2 Infrastrutture stradali.....	20
4.2.1 Descrizione dell'intervento	20
4.2.2 Sistema principale di uscita	21
4.2.3 Sistema principale di accesso.....	22
5 Contesto geologico, idrogeologico e geotecnico	25
5.1 Inquadramento geologico	25
5.2 Inquadramento geomorfologico	25
5.3 Inquadramento stratigrafico lungo il tracciato.....	30
5.4 Inquadramento idrogeologico.....	56
5.4.1 Rampa A.....	58
5.4.2 Rampa B.....	59
5.4.3 Rampa C	59
5.4.4 Rampa D	60
5.4.5 Afflussi lungo le Rampe autostradali	61
5.4.6 Perturbazione della piezometria.....	62
5.5 Sintesi dei parametri geotecnici e individuazione dei parametri operativi di calcolo	62
6 Previsioni sul comportamento degli ammassi rocciosi allo scavo e metodi di calcolo.....	70
6.1 Importanza del fronte di scavo	71
6.1.1 Gallerie a fronte stabile (CASO A)	72
6.1.2 Gallerie a fronte stabile a breve termine (CASO B).....	72
6.1.3 Gallerie a fronte instabile (CASO C)	72
6.2 Calcolo delle categorie di comportamento allo scavo.....	73
6.2.1 Linee caratteristiche della cavità	73
6.2.2 Categorie di comportamento.....	75

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6.3	Analisi di Stabilità del fronte	78
6.4	Analisi delle subsidenze e valutazione dei danni indotti sui fabbricati	80
6.4.1	Analisi del quadro deformativo indotto dallo scavo delle gallerie	81
6.4.2	Deformazioni indotte sui fabbricati e analisi di rischio	83
6.5	SEZIONI TIPO “medie” previste RAMO A e C	88
6.5.1	Sezione tipo B0.....	88
6.5.2	Sezione tipo B2V	89
6.5.3	Sezione tipo B2V ALLARGO (+1.45)	91
6.5.4	Sezione tipo B2V piazzola (+1.45)	93
6.5.5	Sezione tipo C1	95
6.5.6	Sezione tipo C1 ALLARGO (+1.45)	97
6.5.7	Sezione tipo C1 PIAZZOLA (+1.45)	99
6.5.8	Sezione tipo C1L	100
6.5.9	Sezione tipo C1L allargo (+1.45).....	102
6.6	SEZIONI TIPO “medie” RAMO B-D	104
6.6.1	Sezione tipo B0.....	104
6.6.2	Sezione tipo B2V	105
6.6.3	Sezione tipo B2V piazzola	107
6.6.4	Sezione tipo C1	109
6.6.5	Sezione tipo C1L	111
6.7	Sezioni tipo di partenza in Galleria Naturale	112
7	Linee Guida per l’applicazione delle sezioni tipo	115
7.1	Definizione delle caratteristiche geologiche-geomeccaniche dell’ammasso	118
7.2	Risposta deformativa del fronte e del cavo	120
7.3	Fasi esecutive e cadenze di avanzamento.....	121
7.4	Procedura di applicazione delle sezioni tipo e delle relative variabilità	121
7.5	Quadro decisionale linee guida.....	123
7.6	Analisi del Rischio.....	125
7.6.1	Rischi legati alle caratteristiche dell’ammasso	125
8	“RAMO A”	127
8.1	Analisi lungo il tracciato e sintesi delle criticità	128
8.2	Sezione tipo C1 e C1 (+1.45).....	130
8.3	Sezione tipo C1_IN e C1_IN (+1.45).....	131

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8.4	Sezione tipo C1 Piazzola Allargata (+1.45).....	132
8.5	Sezione tipo C1_L e C1_L (+1.45).....	133
8.6	Sezione tipo B2V e B2V (+1.45)	134
8.7	Sezione tipo B2V Piazzola Allargata (+1.45).....	135
8.8	Sezione tipo B0.....	136
8.9	Applicazione di una diversa sezione tipo.....	137
9	“RAMO B”	138
9.1	Analisi lungo il tracciato e sintesi delle criticità	138
9.2	Sezione tipo C1	139
9.3	Sezione tipo C1_IN.....	141
9.4	Sezione tipo C1_L	141
9.5	Sezione tipo B2V	142
9.6	Applicazione di una diversa sezione tipo.....	143
10	“RAMO C”	144
10.1	Analisi lungo il tracciato e sintesi delle criticità.....	144
10.2	Sezione tipo C1	146
10.3	Sezione tipo C1_IN	147
10.4	Sezione tipo C1_L.....	148
10.5	Sezione tipo B2V.....	149
10.6	Applicazione di una diversa sezione tipo	149
11	“RAMO D”	151
11.1	Analisi lungo il tracciato e sintesi delle criticità.....	151
11.2	Sezione tipo C1	152
11.3	Sezione tipo C1_IN	153
11.4	Sezione tipo C1_L.....	154
11.5	Sezione tipo B2V.....	155
11.6	Sezione tipo B2V Piazzola	156
11.7	Sezione tipo B0	156
11.8	Applicazione di una diversa sezione tipo	157
12	Tecnologie alternative e prescrizioni.....	158
12.1	Tecnologie alternative di perforazione	158
12.2	Tecnologie alternative per l’armatura dello spritz-beton.....	158
12.3	Tecnologie alternative per i consolidamenti al fronte in micro-jet.....	159

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.4	Piazzole di sosta e sezioni Allargate	162
12.5	By-pass	162
12.6	Armatura del rivestimento definitivo.....	162
12.7	Distanze di getto dei rivestimenti definitivi	164
12.8	Caratteristiche minime di resistenza del calcestruzzo in relazione alle fasi operative	165
12.9	Tecniche di consolidamento dei fronti di scavo.....	165
12.10	Sottoattraversamento di preesistenze	166
12.11	Interferenze di opere infrastrutturali.....	167
12.12	Scavo in zone di faglia in presenza di falda.....	169
12.13	Criticità.....	170
12.14	Sismica in galleria	170
13	MONITORAGGIO.....	175
13.1	Tipologie di monitoraggio previsto	176
13.2	Monitoraggio delle Gallerie Naturali.....	177
13.2.1	Sezione di monitoraggio esterna (da piano campagna)	178
13.2.2	Sezione di monitoraggio interno.....	178
13.2.3	Sezione di monitoraggio urbano	179
13.3	Monitoraggio delle gallerie artificiali.....	179
13.3.1	Monitoraggio superficiale galleria artificiale.....	179
13.3.2	Monitoraggio degli edifici presenti in prossimità dell’opera.....	180
13.3.3	Monitoraggio paratie galleria artificiale.....	180
13.4	Monitoraggio imbocchi	181
13.4.1	Monitoraggio superficiale imbocchi	181
13.4.2	Monitoraggio paratie imbocchi	181
13.5	Monitoraggio Aree Instabili	182
13.5.1	Monitoraggio delle strutture preesistenti interessate dall’area instabile	182
13.6	Monitoraggio strutture preesistenti	183
13.6.1	Monitoraggio strutture presenti	183
	ALLEGATO 1 – MONITORAGGIO.....	184
14	Strumentazione Rilievi e Misure da effettuare	185
14.1	Misura topografica capisaldi e staffe di livellazione.....	185
14.2	Misura topografica Convergenze.....	186
14.3	Misura topografica Mire Ottiche.....	187

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

14.4	Misura topografica Stazione Totale Automatica.....	188
14.5	Misura geotecnica inclinometrica.....	189
14.6	Misura geotecnica estensimetrica incrementale tipo Increx	196
14.7	Misura geotecnica estensimetrica incrementale (estrusometro)	200
14.8	Misura geotecnica assestometro multibase	204
14.9	Misura geotecnica misuratori di giunti (fessurimetri)	207
14.10	Misura geotecnica tenso deformativa Barrette estensimetriche	208
14.11	Misura geotecnica piezometrica a tubo aperto	211
14.12	Misura geotecnica piezometrica tipo Casagrande	215
14.13	Misura geotecnica celle di carico.....	220
14.14	Misura geotecnica Cella di pressione	223
14.15	Misura Geotecnica elettrolivelle e clinometri da parete.....	224
14.16	RILIEVO GEOLOGICO STRUTTURALE DEI FRONTI DI SCAVO	229
14.17	Sistemi di acquisizione dati	233
14.18	Cavi elettrici di collegamento	236
14.19	Prescrizioni di installazione	237
14.20	Modalità esecutive Monitoraggio in corso d'opera (frequenze di lettura).....	237
14.20.1	Misure di cedimento (capisaldi topografici, staffe livellometriche, mire ottiche)...	238
14.20.2	Misure piezometriche	239
14.20.3	Misure assestimetriche ed inclinometriche	240
14.20.4	Misure estrusometro.....	241
14.20.5	Misure stato tensionale (Riv. 1°2°fase, Pali, dia frammi)	242
14.20.6	Misure Elettrolivelle e clinometri	242
14.20.7	Fessurimetri	243
14.20.8	Misure Celle di carico	243
14.20.9	Rilievi	244
14.21	Definizione delle soglie di attenzione e di allarme.....	244
14.22	APPENDICE 1 – Descrizione Sistema gestione dati	245
14.23	APPENDICE 2 – Allegati	249

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale</p>		<p><i>Codice documento</i> CS0211_F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1 Premessa

Finalità della presente Relazione è fornire i chiarimenti atti a dimostrare la rispondenza del progetto alle finalità dell'intervento ed il rispetto del prescritto livello qualitativo, fornendo la giustificazione dell'inserimento dell'opera d'arte lungo l'infrastruttura con particolare riguardo alle scelte tipologiche adottate.

A tale scopo verrà fornito, per ciascuna galleria, un inquadramento delle opere nel contesto territoriale ed una descrizione delle stesse, indicandone le relative progressive di inizio e fine, i dati ed i requisiti di base nel rispetto dei quali è stata sviluppata la progettazione, le caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali prescelti, le ipotesi progettuali adottate per il suo dimensionamento e le principali caratteristiche geometriche e dimensionali.

La relazione, valida per le opere stradali del versante Calabria, è articolata nei seguenti punti principali:

- **Inquadramento generale dell'opera:** il capitolo comprende la localizzazione geografica dell'opera, le caratteristiche geometriche del tracciato e delle sezioni tipo d'intradosso e di scavo e l'individuazione delle eventuali interferenze con manufatti preesistenti presenti lungo il tracciato;
- **Individuazione del comportamento allo scavo e criteri di calcolo:** il capitolo riassume la metodologia di calcolo utilizzata e la filosofia di dimensionamento degli interventi di consolidamento e sostegno;
- **Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo:** nel capitolo verranno fornite indicazioni circa l'applicazione delle sezioni tipo e delle relative variabilità previste, la tecnica di scavo adottata e criteri di scelta, le fasi costruttive e i criteri di calcolo;
- **Programma per il monitoraggio in corso d'opera;**

Per quanto concerne gli aspetti relativi alla cantierizzazione, le analisi sulla riutilizzabilità dei materiali provenienti dagli scavi, i tempi di realizzazione delle opere, il monitoraggio ambientale in corso d'opera, le opere civili per la sicurezza in esercizio e i programmi di manutenzione delle opere si rimanda alle relazioni specifiche, parte integrante del presente Progetto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2 Riferimenti normativi e documentazione di riferimento

Le verifiche statiche degli interventi e la redazione della presente relazione di calcolo, compresi gli elaborati tecnici allegati, sono state effettuate nel rispetto della Normativa in vigore e delle Specifiche tecniche fornite.

La normativa di riferimento è il D.M. 14/01/2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni” (pubblicato sulla G.U. n.29 –Suppl. Ordinario n.30 – del 4 febbraio 2008). Si è inoltre fatto riferimento a quanto riportato all’interno della Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009: “Istruzioni per l’Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008”.

2.1 Applicazione della Normativa

Le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (di seguito, per brevità, NTC 2008) “definiscono i principi per il progetto, l’esecuzione e il collaudo delle costruzioni”, nei riguardi delle prestazioni richieste in termini di resistenza, stabilità, robustezza e durabilità. Le prestazioni di un’opera sono definite con riferimento a stati limite che si possono raggiungere durante la vita dell’opera, e che corrispondono a condizioni oltre le quali l’opera non soddisfa più i requisiti di progetto.

Nelle NTC 2008 i coefficienti di sicurezza sono introdotti direttamente sulle diverse fonti di incertezza (azioni, materiali, resistenza):

- $\gamma_F = \gamma_E$ per le azioni o l’effetto delle azioni (differenziati in funzione del tipo di carico (permanente o variabile) e in funzione dell’effetto (favorevole o sfavorevole);
- γ_M per i materiali (applicati ai parametri di resistenza del terreno)
- γ_R per le resistenze (definiti in funzione della tipologia di opera)

Le NTC 2008 richiedono, in linea con l’approccio progettuale tradizionale, che siano eseguite le analisi relative a:

- stabilità globale della cavità, con particolare riguardo al fronte e alla zona retrostante il fronte,
- valutazione dei risentimenti attesi in superficie in condizioni di bassa copertura,
- interazione terreno-struttura nelle fasi costruttive,
- interazione terreno-struttura in esercizio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per le analisi progettuali le NTC 2008 impongono di fare ricorso a metodi analitici e/o metodi numerici, questi ultimi necessari per l'analisi dell'interazione terreno-struttura nelle fasi costruttive e in condizioni di esercizio. I metodi di calcolo utilizzati devono essere *“di comprovata validità, adeguati alla complessità del sistema opera-terreno e al livello di progettazione”*.

Nel seguito si illustra l'approccio progettuale utilizzato, inteso come modalità di verifica della sicurezza e delle prestazioni dell'opera coerente con indicazioni e prescrizioni della nuova normativa.

La verifica della sicurezza deve essere effettuata con riferimento a stati limite “ultimi” e di “esercizio”. In linea del tutto generale e non esaustiva per le opere in sotterraneo possono individuarsi i seguenti stati limite:

1. stati limite ultimi per sviluppo di meccanismi di collasso determinati dal raggiungimento della resistenza del terreno/ammasso roccioso interessato dallo scavo (GEO);
2. stati limite ultimi relativi al raggiungimento delle resistenze degli elementi strutturali (STR);
3. stati limite ultimi di erosione e sifonamento del terreno dovuta a gradienti idraulici (HYD);
4. stati limite di esercizio (SLE) connessi alla realizzazione delle opere in sotterraneo relativamente al danno funzionale dei manufatti presenti in superficie (edifici) o in profondità (tubazioni, fondazioni profonde, gallerie esistenti) con cui l'opera in sotterraneo interagisce;
5. stati limite di esercizio (SLE) relativi allo stato tensionale dei rivestimenti durante le fasi di esercizio.

In analogia con quanto indicato per le opere geotecniche per le quali l'interazione terreno-struttura è significativa (es. opere di sostegno flessibili), per le verifiche si adotta l'**Approccio 1**.

In particolare:

A. le verifiche di stabilità del fronte verranno condotte in accordo con gli **stati limite ultimi GEO Combinazione 2 dell'Approccio 1 (A2+M2+R2)**, nella quale i parametri di resistenza del terreno sono ridotti tramite i coefficienti parziali del gruppo M2, i coefficienti sulla resistenza globale (R2) sono unitari e solo le azioni variabili sono amplificate con coefficienti maggiori di 1 del gruppo A2. La procedura di riduzione dei parametri di resistenza tramite coefficienti parziali per l'analisi di un meccanismo di rottura agisce sulla maggiore fonte di incertezza e fornisce, di fatto, una misura della distanza dalle condizioni di collasso.

B. Le verifiche di interazione terreno struttura della cavità e le verifiche strutturali verranno condotte in accordo con gli **stati limite ultimi STR Combinazione 1 dell'Approccio 1**

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

(A1+M1+R1), nella quale i coefficienti sui parametri di resistenza (M1) e sulla resistenza globale del sistema (R1) sono unitari, mentre le azioni permanenti e le azioni variabili sono amplificate mediante i coefficienti del gruppo A1. E' opportuno, in questo caso, applicare i coefficienti amplificativi delle azioni direttamente alle sollecitazioni. Nelle analisi di interazione ai fini della valutazione delle sollecitazioni delle strutture, dove il fattore dominante è rappresentato dalle rigidità e dai rapporti relativi delle rigidità di terreno e struttura, la modellazione eseguita con i valori caratteristici delle azioni e delle resistenze fornisce una descrizione realistica dello stato tensionale nel terreno e negli elementi strutturali. La procedura di riduzione dei parametri di resistenza del terreno è sconsigliabile perché introdurrebbe nel calcolo parametri tra loro non congruenti e quindi risultati non attendibili.

C. Nelle verifiche degli **stati limite di esercizio** i valori di progetto delle azioni, delle proprietà dei materiali e della resistenza globale sono assunti pari ai valori caratteristici. La verifica dello SLE si esegue calcolando il valore di progetto dell'effetto delle azioni (ad es. cedimenti differenziali, distorsioni) e confrontandolo con il valore limite prefissato, da specificare come requisito di progetto. In funzione della complessità del sistema e dello scopo delle analisi la previsione degli spostamenti al contorno della galleria può essere effettuato, come è prassi, con metodi semi-empirici o metodi numerici.

Adottando tale approccio, di fatto, si conserva la distinzione tipica dell'analisi geotecnica tradizionale, in cui si affrontano separatamente, e spesso con metodi e modelli differenti, i due aspetti del dimensionamento di un'opera geotecnica: la sicurezza rispetto ad un cinemismo di collasso e l'interazione terreno-struttura dalla quale è possibile derivare il campo degli spostamenti e le condizioni di sollecitazione negli elementi strutturali. Tale modo di procedere è in conformità a quanto indicato nelle *“Recommandations de l’AFTES-Compatibilité des recommandations AFTES relatives aux revêtements des tunnels en béton avec le Eurocodes” (2007)*.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3 Caratteristiche dei materiali

RIVESTIMENTI DEFINITIVI

CALCESTRUZZO PER CONCI PREFABBRICATI

classe di resistenza min. (UNI EN 206) C40/50
 tipo di cemento 42,5R

RIVESTIMENTI DEFINITIVI

CALCESTRUZZO PER RIV. DEFINITIVO

classe di resistenza min. (UNI EN 206) C25/30 tipo II -
 tipo di cemento 42,5 o 42,5R -
 dosaggio minimo di cemento 320 kg/m³
 classe di esposizione XC2

PREDALLE PER CASSEFORME BY-PASS

SCASSERO: classe di resistenza min. C15/20 -
 TRASPORTO: classe di resistenza min. C15/20 -
 GETTO RIVESTIMENTO: classe di resistenza min. C25/30 -
 BARRE: tipo di acciaio B450C -

MAGRONE DI PULIZIA

classe di resistenza min. (UNI EN 206) C12/15 -
 classe di esposizione XC2

ACCIAIO PER C.A

tipo di acciaio B450C -
 copriferro minimo c >5 cm

PRERIVESTIMENTI

SPRITZBETON E SPRITZBETON FIBRORINFORZATO (con silicati)

resistenza media su carote a 28gg f_{cm} 25 MPa
 resistenza media su carote a 24h f_{cm-24} 10.00 MPa
 resistenza media su carote a 48h f_{cm-48} 15.00 MPa
 rapporto a/c in peso max. 0.5 -

FIBRE IN ACCIAIO (CON ESTREMITA' SAGOMATA AD UNCINO)

dosaggio in fibre = 30 kg/m³
 energia assorbita 500 J
 resistenza minima a trazione R_{ak} 700 MPa
 lunghezza L 30 mm
 diametro D 0.5 mm
 rapporto di aspetto L/D 60 -

ACCIAIO

PROFILATI E PIASTRE: tipo di acciaio S275 -
 CATENE: tipo di acciaio B450C -
 RETE ELETTROSALDATA: tipo di acciaio B450C -

BULLONI AD ALTA RESISTENZA

viti: classe di resistenza 8.8 -
 dadi: classe di resistenza 8 -
 rosette: acciaio temperato e rinvenuto HRC32÷40 C50 -

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

CONSOLIDAMENTI AL FRONTE

TUBI IN VTR (Caratteristiche del composito)

diámetro esterno ad adherenza migliorata		60 mm
spessore medio		10.00 mm
resistenza a trazione (UNI EN 61)		= 600 MPa
resistenza a taglio (ASTM D 732 85)		= 100 MPa
resistenza a flessione (UNI EN 63)		= 600 MPa
resistenza allo scoppio (solo per tubi valvolati)		= 8 MPa
allungamento a rottura		2 %
modulo elastico (UNI EN 61)		= 30000 MPa
contenuto in vetro		55 %
densità (UNI 7092/72)		1.8 t/mc
diámetro di perforazione		100÷120 mm

MISCELA CEMENTIZIA A RITIRO CONTROLLATO

resistenza a compressione monoassiale a 48h		>3 MPa
---	--	--------

MICROJET ARMATO CON TUBI IN VTR

diámetro teorico colonna	Dn	300 mm
modalità di iniezione		Monofluido -
res. media a compressione del terreno trattato a 48h		>2 MPa
res. media a compressione del terreno trattato a 28gg		>5 MPa
RQD del terreno trattato		>70 %
Tubo in VTR	Diam	60/40 mm
resistenza a trazione (UNI EN 61)		= 600 MPa

NOTE

I parametri operativi di intervento saranno definiti con specifico campo prova.

CONSOLIDAMENTI AL CONTORNO

INFILAGGI METALLICI

TUBI IN ACCIAIO: tipo di acciaio		S355 -
copriferro minimo per la perforazione		>15 mm

MISCELE PER INIEZIONI AL CONTORNO

MISCELA DI GUAINA

resistenza a compressione della miscela a 28 gg		1 MPa
---	--	-------

CARATTERISTICHE MINIME DEL TERRENO CONSOLIDATO

resistenza a compressione semplice a 48 h		1 MPa
resistenza a compressione semplice a 7 giorni		1.5 MPa
R.D.Q. a 48 h		50 %
R.D.Q. a 7 giorni		70 %

JET-GROUTING

diámetro teorico colonna	Dn	600 mm
modalità di iniezione		Monofluido -
res. media a compressione del terreno trattato a 48h		>2 MPa
res. media a compressione del terreno trattato a 28gg		>5 MPa
RQD del terreno trattato		>70 %
TUBI IN ACCIAIO: tipo di acciaio		S355 -
TUBI IN ACCIAIO (ARMATURA STANDARD):	diam	114,3mm sp.10 mm

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

SISTEMI DI DRENAGGIO

DRENAGGI IN AVANZAMENTO EVENTUALI

tubo microfessurato in PVC ad alta resistenza rivestiti in TNT
 diametro esterno
 spessore
 diametro perforazione
 resistenza a trazione

60 mm
 5 mm
 100 mm
 4.5 MPa

TUBI DI RACCOLTA ACQUA SOTTO PIATTAFORMA IN CLS

diametro
 sella di appoggio
 tubo in cls
 cls di protezione 15cm

30-50 cm
 C20/25 tipo III
 C25/30 tipo II
 C20/25 tipo III

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4 Inquadramento generale dell'opera

4.1 Inquadramento territoriale

Gli ambiti territoriali direttamente interessati dalle opere ricadono nei comuni di Villa San Giovanni e Campo Calabro in provincia di Reggio Calabria.

Il sistema urbano centrale è rappresentato da Reggio Calabria che costituisce uno dei due principali sistemi antropizzati della Calabria con una fascia costiera di circa 30 km che ospita l'80% della popolazione di tutto il complesso urbano.



L'intervento di progetto si integra completamente nel sistema autostradale nazionale esistente o in costruzione, costituendo con esso un complesso omogeneo e perfettamente fruibile dall'utente.

La rete stradale che attualmente insiste sulla fascia di territorio compresa fra la struttura terminale del Ponte, Villa San Giovanni, Cannitello e Scilla è costituita dalle infrastrutture di seguito elencate.

A. **Autostrada Salerno-Reggio Calabria (A3)**

Questa importante infrastruttura permette il collegamento immediato fra il Ponte e la rete autostradale nazionale ed internazionale.

Sul tratto di autostrada in esame l'ANAS ha predisposto, come già detto, un progetto esecutivo di adeguamento attualmente in fasi di realizzazione.

Questo progetto è stato preso come base per la redazione del progetto delle rampe di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

collegamento al Ponte. In particolare rispetto al progetto del Macrolotto “DG87” della A3 Sa-Rc preso a riferimento per lo sviluppo del progetto preliminare il nuovo progetto del marzo 2010 introduce una modifica della galleria “Piale” in quanto, in base ai rilievi eseguiti in sede di progetto esecutivo, è emerso come la copertura sotto alcuni edifici dell’abitato di Piale non fosse sufficiente a garantire la stabilità degli edifici stessi. Tale modifica consiste in una variante altimetrica che abbassa la livelletta di circa 10 metri nel tratto di galleria sotto gli edifici esistenti dell’abitato Piale. Nell’affrontare pertanto il tema della possibile riconfigurazione del sistema di collegamenti stradali tra l’Opera di attraversamento e le infrastrutture autostradali sul versante Calabria, con l’introduzione, tra l’altro, dell’ipotesi di adozione del sistema “all’italiana” per la circolazione sul Ponte, si sono prese in considerazione anche le modifiche indotte dai cambiamenti intervenuti nel frattempo, connessi, appunto, con le modifiche altimetriche apportate alla galleria Piale ed alle nuove indicazioni del DM 19/4/2006 .

Per effetto dell’inserimento delle nuove infrastrutture viarie si rende comunque necessario ampliare alcune opere previste dal progetto ANAS tra i km 0+993,42 e 5+184,65 del suddetto progetto; inoltre è stato necessario integrare gli svincoli di Villa S.Giovanni e di Santa Trada con una rotatoria di inversione collocata immediatamente a valle delle rampe di svincolo al fine di completare alcune manovre di accesso al centro direzionale oltre che gestire particolari condizioni di emergenza; in aggiunta si dovrà intervenire lungo il tratto di complanare in uscita verso Villa S. Giovanni al fine di realizzare le corsie di scambio fra la stessa complanare e la carreggiata sud dell’autostrada Salerno Reggio Calabria. Tale intervento, esterno ai limiti di intervento del progetto preliminare, risulta fondamentale al fine di completare i collegamenti fra il Ponte e l’autostrada A3 Sa-RC.

B. SS N°18 Tirrenica

Questa direttrice corre a valle dell’Autostrada A3 ed a monte della linea ferroviaria tirrenica, attraversando le seguenti località:

- Bagnara Calabria
- Scilla
- Porticello-S.Trada
- Cannitello
- Villa San Giovanni
- Reggio Calabria.

Essa potrà essere utilizzata dai flussi da/per il Ponte solo attraverso gli svincoli autostradali.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

C. Rete stradale locale

Tutta una rete di collegamenti stradali di categoria inferiore attraversa il tracciato autostradale di progetto.

I due più importanti sono di livello provinciale e collegano Campo Calabro con Villa San Giovanni, sovrappassando e sottopassando in differenti punti l'A3.

Per effetto dell'inserimento delle nuove infrastrutture, gli elementi strutturali relativi dovranno essere in alcuni casi adeguati, ma potranno mantenere l'ubicazione esistente.

Per quanto riguarda invece tutti gli altri collegamenti locali, comunali e poderali, che sottopassano l'A3, allo scopo di non creare effetti di separazione fisica e di interclusione dei fondi, sono previsti lavori di estensione delle opere già esistenti (o nuove opere nel caso se ne rendesse necessaria una differente ubicazione).

Il progetto preliminare, nel complesso svincolo tra il collegamento stradale al Ponte e l'autostrada A3 individuava le seguenti opere principali:

- le diramazioni principali di accesso-uscita dal Ponte (Rami A, B, C, D);
- una viabilità di collegamento al Centro Direzionale;
- una viabilità di emergenza e servizio;
- una viabilità interna al Centro Direzionale.

Tutte le diramazioni di accesso-uscita dal ponte sono monodirezionali. I rami A (ME-SA) e C (SA-ME) hanno caratteristiche di bretella autostradale a due corsie; i rami B (ME-RC) e D (RC-ME) sono, invece, ad unica corsia e confluiscono nei rami A e C, che fungono da viabilità principale.

Le rampe di collegamento al Centro Direzionale consistono in tre distinte viabilità a doppio senso di marcia, ciascuna dedicata ad una delle tre possibili direzioni Messina (Ponte), Salerno, Reggio Calabria.

La viabilità di emergenza e servizio consiste in una rampa a due corsie, connessa ad una estremità alle carreggiate autostradali in adiacenza al viadotto di accesso al Ponte, ed all'altra alla rampa C (SA-ME) ed alla A3.

All'interno dell'area del Centro Direzionale è prevista, infine, una viabilità di accesso ai parcheggi interrati (per gli utenti) e superficiale (a servizio degli addetti), ed una di accesso all'autorimessa dei veicoli di servizio, anch'essa interrata. Quest'ultima viabilità viene impiegata parzialmente anche come percorso di emergenza per alcune correnti di traffico.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

L'intervento di progetto prende le sue mosse dal progetto preliminare del 2002, adeguandolo alle mutate condizioni ambientali, alle norme oggi vigenti, ai moderni sistemi di sicurezza ed alla tipologia del sistema di pedaggio.

In linea generale le varianti più significative hanno riguardato:

- la modifica del senso di circolazione sull'opera di attraversamento adottando un sistema di circolazione "all'italiana" così come prescritto previsto dal Codice della Strada. In particolare la scelta di riportare la circolazione in destra ha implicato una serie di aspetti migliorativi relativamente alla inversione non più necessaria delle carreggiate autostradali ed una semplificazione evidente dei rami di collegamento e di emergenza rendendo di fatto più agevole anche le modifiche resesi necessarie a valle della variante Galleria Piale posta lungo il Macrolotto DG 87 della A3.
- l'introduzione della nuova condizione di circolazione stradale nella soluzione infrastrutturale studiata per adeguare il progetto alle mutate situazioni al contorno. A tal fine è stata attuata una semplificazione del sistema dei collegamenti all'opera di attraversamento che ha interessato sia i rami principali di accesso e uscita dall'opera di attraversamento (senza modificarne lo schema funzionale) sia le rampe di accesso al centro direzionale. Queste modifiche, oltre a ridurre ancora di più l'impatto sul territorio, hanno consentito la creazione di un piazzale di scambio posto tra il Ponte e gli imbocchi in galleria, che consente una migliore gestione del traffico in condizioni di emergenza (chiusura di una carreggiata del Ponte). Inoltre è stato rivisto l'andamento altimetrico dei collegamenti stradali per adeguarli alle quote definitive individuate per il Ponte sullo Stretto;
- la ridefinizione del complesso delle rampe di emergenza e di servizio in conformità con il nuovo assetto planimetrico che ha permesso di semplificare il complesso delle rampe, con un significativo miglioramento dal punto di vista sia della gestione delle emergenze che dell'impatto sul territorio.
- l'adeguamento alla vigente normativa di tutte le sezioni trasversali, con particolare riguardo alle corsie di immissione e diversione in corrispondenza degli svincoli ed agli spazi per il funzionamento delle barriere di sicurezza;
- la verifica di congruità delle opere con il progetto esecutivo di adeguamento dell'autostrada A3 tra il km 427+000 ed il km 437+500 predisposto dall'ANAS ("Lotto 7°"), di cui sono in corso i lavori.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.2 Infrastrutture stradali

Come indicato nell'introduzione alla relazione, la progettazione dell'infrastruttura autostradale è stata impostata nel pieno rispetto del DM 5/11/2001 "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade".

I rami principali di collegamento all'Opera di Attraversamento sono stati studiati con caratteristiche di strada tipo A, "autostrada in ambito extraurbano". Coerentemente all'impostazione progettuale per l'opera di attraversamento, è stata adottata per questi assi un limite di velocità di 80 km/h con una Vpmax di progetto pari 90 km/h, al fine conferire un'omogeneità nel regime di circolazione ed orientare l'utenza ad un utilizzo corretto dell'infrastruttura.

Conseguentemente gli elementi plano-altimetrici del tracciato sono stati progettati secondo tale intervallo di velocità.

Per i rami secondari, classificati tutti come rami di svincolo, sono state adottati per le velocità di progetto, i seguenti intervalli in linea con quanto indicato dal DM 16/04/2006 "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle intersezioni":

- a. rampe di svincolo dirette: $V_p=50-80$ km/h
- b. rampe di svincolo semidirette: $V_p=40-70$ km/h
- c. rampe di svincolo indirette: $V_p=30-60$ km/h

Per la viabilità di servizio ed emergenze è stato invece adottata una V_p compresa fra 25 e 40 km/h.

4.2.1 Descrizione dell'intervento

La configurazione del sistema dei rami di accesso (direzione Messina) e di uscita (direzione nord e direzione Reggio Calabria) prevede i seguenti collegamenti viari:

1. *sistema principale di uscita*, costituito dal ramo A (dalla struttura terminale del Ponte all'autostrada A3 in direzione Nord) e dal ramo B (dalla struttura terminale del Ponte all'autostrada A3 in direzione Reggio Calabria);
2. *sistema principale di accesso*, costituito dal ramo C (dall'autostrada A3 Salerno-Reggio Calabria in direzione Sud fino alla struttura terminale del Ponte) e dal ramo D (dall'autostrada A3 Salerno-Reggio Calabria in direzione Nord fino alla connessione con il ramo C);

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3. *sistema di collegamento al Centro Direzionale*, che permette il collegamento alle aree destinate ai servizi generali, alla gestione ed alla manutenzione del Ponte;
4. *sistema di servizio ed emergenza*, che permette il movimento dei veicoli addetti alla manutenzione ordinaria e straordinaria, e la gestione del traffico in condizione di emergenza (chiusura di una carreggiata del Ponte o di blocchi in altri punti della rete per una gestione complessiva della sicurezza e dell'emergenza).

4.2.2 Sistema principale di uscita

Il collegamento funzionale tra il Ponte ed il sistema autostradale nazionale (A3) è garantito dai rami principali A e B, diretti rispettivamente verso nord (Salerno) e verso sud (Reggio Calabria).

RAMO “A”

Il ramo A ha praticamente origine dalla struttura terminale del ponte, e termina sulla A3; in questo punto la rampa si trova all'esterno della direttrice nord della Variante A3 e può inserirsi su di essa in destra con un tratto in complanare che termina al km 2 circa.

Il ramo A costituisce, come già detto, la direttrice principale in uscita, ed ha carichi di traffico decisamente superiori di quelli del ramo diretto verso Reggio Calabria. Si è quindi scelto di adottare una sezione tipo costituita da una carreggiata autostradale di categoria A in ambito extraurbano che presenta 2 corsie di marcia da 3,75 m e una corsia di emergenza in destra larga 3,00 m. Il franco laterale pavimentato in sinistra è pari a 0,70 m.

Il tracciato planimetrico della rampa presenta un'ampia curva verso destra, con raggio $R=585$ m, a cui segue un'una curva verso sinistra di notevole sviluppo e raggio pari a 380 m che precede l'ultima curva dell'asse, di 385 m di raggio, con la quale ci si allinea al tracciato della carreggiata Nord della A3.

La larghezza della banchina di sinistra pari a 0.70 m, nel tratto caratterizzato dalla curva verso sinistra con raggio $R = 380$ m, non consente di ottenere la visuale libera necessaria con la velocità di progetto di 90 km/h prevista; è quindi previsto un allargamento della carreggiata di 1.45 m.

RAMO “B”

Il ramo B ha inizio con una uscita a destra dal ramo A e termina sulla “Carreggiata per la Sicilia” prevista nel progetto del Lotto 7° dell'adeguamento della A3.

Il ramo B costituisce, come detto, il collegamento con la A3 in direzione Reggio Calabria e diverge dal ramo A dopo un tratto di decelerazione di lunghezza pari a 170 m (parallelo allo stesso ramo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

principale) per imboccare quindi la galleria “Pian di Lastrico” in direzione sud.

Dopo il tratto in galleria, la rampa si inserisce sul vecchio tracciato della A3 in corrispondenza del viadotto “Campanella”, che viene adeguato per realizzare la confluenza con la rampa L proveniente dal Centro Direzionale.

La sezione tipo presenta una corsia di larghezza pari a 3,75 m affiancata da corsia di emergenza di 3,00 m e da un franco laterale in sinistra di 2,25 m, e si mantiene tale anche in galleria.

Il ramo B presenta un andamento planimetrico complesso, composto da un doppio flesso con raggi compresi tra 405 e 525 m; la presenza della banchina in sinistra da 2,25 m garantisce sempre la distanza di visuale libera anche nelle curve verso sinistra.

La livelletta non supera mai il 5% nei tratti a cielo aperto, ed il 4% nei tratti in galleria in salita.

4.2.3 Sistema principale di accesso

Questo sistema di collegamento (rami C e D) rende possibile la connessione con il Ponte al traffico proveniente dalla A3.

RAMO “C”

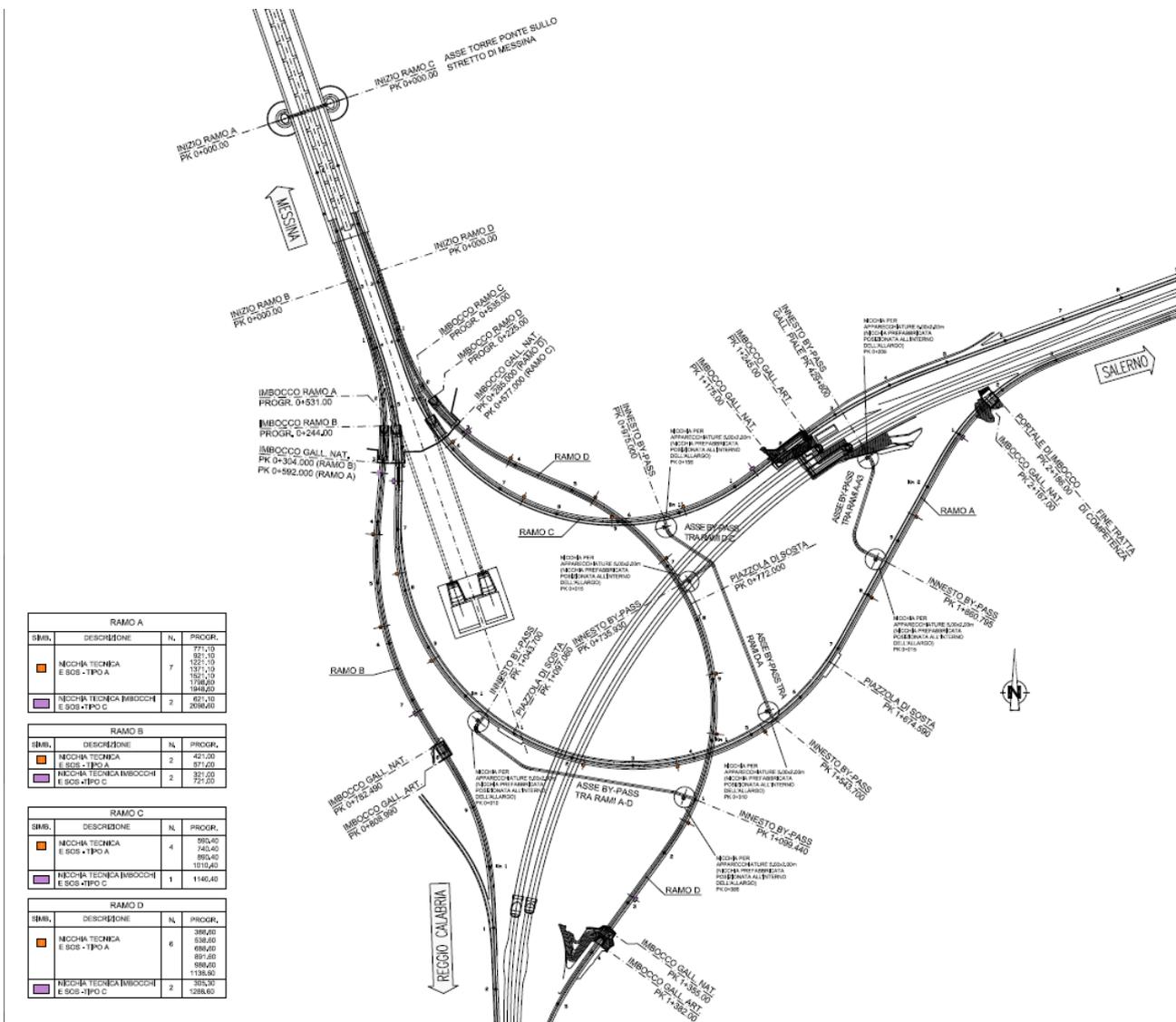
Il ramo C serve il traffico proveniente da nord (Salerno). Esso si distacca dalla variante A3 in direzione sud e termina sulla struttura terminale del Ponte.

Questo ramo rappresenta il collegamento principale da nord al Ponte, e ha origine dalla carreggiata sud della Variante A3, alla quale rimane parallelo e complanare per circa 800 m (tratto di preselezione dei flussi diretti al ponte), costituendo un’unica piattaforma comune, con 4 corsie di marcia da 3,75 m più una corsia di emergenza di 3,00 m.

Dopo circa ulteriori 250 m, con una uscita parallela in destra si forma la rampa F diretta al Centro Direzionale.

La sezione autostradale di categoria A, a due corsie più emergenza, si mantiene fino all’attacco con il ramo D dove la piattaforma, in seguito all’affiancamento dal ramo D, è costituita da 3 corsie da 3,75 m più la corsia di emergenza di 3,00 m per un tratto di circa 300 m. Al termine di questo, una corsia viene eliminata per raccordarsi con la piattaforma stradale prevista sul Ponte, costituita da 2 corsie da 3,75 m più corsia di emergenza da 3,75 m.

Sia planimetricamente che altimetricamente le due tratte non presentano particolari problemi geometrici; raggi planimetrici e pendenze sono coerenti con le caratteristiche dinamiche assunte, la pendenza longitudinale massima non supera il 5% nei tratti a cielo aperto, ed il 4% nei tratti in galleria in salita.



RAMO "D"

Il ramo D rappresenta il collegamento fra Reggio Calabria e il Ponte.

La sezione tipo ha una corsia di marcia più corsia di emergenza di 3,00 m e banchina in sinistra da 2,25 m. Tale sezione si mantiene in tutta la tratta in galleria e fino all'attacco sul ramo C.

Planimetricamente, il ramo D si articola con una sequenza di curve secondo un doppio flesso di raggio rispettivamente 340, 385 e 440 m; la presenza della banchina in sinistra da 2,25 m garantisce la distanza di visuale libera anche nelle curve verso sinistra.

In caso di corsie di accelerazione e decelerazione sempre in destra alla singola carreggiata è prevista l'aggiunta di una o due corsie da 3.75 m con eliminazione della corsia di emergenza e

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

realizzazione di una banchina pavimentata da 2.50.

In presenza di piazzola di sosta si prevede l'allargamento della piattaforma di ulteriori 3,50 m oltre la corsia di emergenza. Planimetricamente le piazzole sono previste con una distanza massima in galleria di 600 m per senso di marcia e presentano uno sviluppo complessivo pari a 45 m.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5 Contesto geologico, idrogeologico e geotecnico

Di seguito si riporta un sintetico inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico dell'area interessata dallo scavo delle opere stradali realizzate in sotterraneo del versante Calabrese. Per il dettaglio di tali caratteristiche si rimanda ai singoli elaborati: Relazione geologica generale, Relazione geomorfologica generale, Relazione idrogeologica generale e Relazione geotecnica generale. Si segnala che le considerazioni contenute in tale capitolo fanno riferimento ai dati attualmente disponibili. A causa di importanti problemi di accesso durante la campagna di indagine 2010 alcune aree risultano scarsamente indagate. Tale aspetto è già stato affrontato prevedendo un piano integrativo di indagini per il progetto esecutivo. La planimetria con l'ubicazione di tali indagini è stata allegata al verbale di accettazione relativo agli studi di base.

5.1 Inquadramento geologico

L'evoluzione geologica del territorio comprendente le due aree sulle sponde dello Stretto è riconducibile alla complessa storia deformativa della Sicilia nord-orientale e della Calabria, il cui assetto strutturale è stato da tempo oggetto di analisi e di diversa interpretazione da parte di vari Autori, in un contesto più ampio che comprende l'intero Arco Calabro-Peloritano.

Nel territorio considerato restano compresi termini della Catena Kabilo-Calabride, costituita da unità di basamento ercinico con resti delle originarie coperture sedimentarie meso-cenozoiche. Al tetto di tali unità si hanno successioni terrigene sin - e tardorogeniche a carattere fliscioide di età supraeocenica e oligo-miocenica. Seguono depositi sia terrigeni che evaporitici di età compresa tra il Serravalliano ed il Pleistocene, appartenenti a cicli sedimentari sovrapposti, riscontrabili principalmente lungo le fasce costiere.

I terreni più antichi affioranti nelle aree oggetto di studio appartengono alla terminazione meridionale dell'Arco Calabro-peloritano, che costituisce un segmento dell'orogene appenninico-maghrebide, esteso dall'Appennino meridionale alla Sicilia. Detti terreni, appartenenti all'unità tettonica dell'Aspromonte, costituiscono il basamento dei sedimenti miocenici e plio-pleistocenici, più estesamente affioranti nelle aree in esame.

5.2 Inquadramento geomorfologico

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il rilevamento condotto nell'area ha consentito di ricostruire il quadro geomorfologico generale che nei suoi punti salienti può essere così sintetizzato:

1) Il motivo geomorfologico di fondo e caratteristico dell'area è legato alla presenza, fino alle quote massime della zona rilevata, dell'alternanza di superfici terrazzate di origine marina e delle scarpate che le delimitano e, quindi, dall'alternanza tra superfici blandamente inclinate e versanti più o meno elevati ed acclivi.

2) Sempre in relazione alle recenti variazioni eustatiche e, quindi, dei livelli di base rispetto alla circolazione idrica continentale, le forme primarie terrazzate sono state incise ad opera delle acque incanalate che si sono organizzate in reticoli di estensione limitata e a basso grado di gerarchizzazione, quindi di formazione recente. I rapidi abbassamenti relativi del livello del mare hanno prodotto forti fasi di incisione, con la formazione delle valli tipiche della zona, cioè strette e profonde e delimitate da versanti ad elevata inclinazione. Ovviamente, in funzione della tipologia del substrato entro cui agiscono le acque incanalate, la morfologia appena descritta può essere più o meno accentuata: morfologie più accentuate sono riscontrabili nei settori di attraversamento di litologie quali il basamento cristallino ed il Conglomerato di Pezzo, mentre forme relativamente più dolci sono tipiche delle zone di attraversamento delle Sabbie e Ghiaie di Messina, più erodibili e soggette a fenomeni di degradazione. Nell'ambito della morfologia fluviale rimane inoltre traccia anche delle fasi di stazionamento del livello del mare, che hanno condotto alla formazione di terrazzi fluviali di cui si riscontrano sporadici lembi residui su più livelli. L'evidenza raccolta in alcuni luoghi di alvei che incidono le alluvioni recenti, testimoniano di una dinamica fluviale in cui ancora si registrano fasi erosive in alternanza alle fasi deposizionali.

3) Ulteriore fattore morfogenetico che segue e, in parte, si sovrappone all'azione fluviale è rappresentato dai fenomeni di degradazione e di frana che si impostano principalmente sui versanti formati per azione fluviale e/o marina, determinandone il rimodellamento. La presenza di numerosi forme e depositi attivi o al più quiescenti di origine gravitativa e, più in generale, dovuti a processi di denudazione/degradazione, mette in risalto un quadro di instabilità generalizzata dell'area, in risposta al sollevamento rapido e di grande entità che ha interessato l'area nel Quaternario.

I principali fattori di dissesto nell'area possono essere sintetizzati come segue:

1) Possibile occorrenza di fenomeni alluvionali, con coinvolgimento dei tratti terminali dei principali torrenti, ove si possono avere esondazioni e/o la deiezione dell'elevato trasporto solido, di cui i con alluvionali rappresentano la testimonianza.

2) Processi di instabilità diffusi sui versanti locali e che si esplicano sia tramite processi erosivi

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

lato sensu (degradazione) sia tramite fenomeni franosi che abbracciano un'ampia tipologia di cinematismi. Tra questi meritano menzione, per dimensione e stato di attività, le frane traslative e rototraslative del settore nord; in particolare, le frane con componente traslativa prevalente e di crollo/ribaltamento sono concentrate sia in destra che in sinistra idrografica dei valloni compresi tra i torrenti S. Trada e Zagarella (Figura 1), mentre le frane con componente rotazionale più apprezzabile sono per lo più concentrate sul versante che borda a sud il tracciato della A3 tra lo svincolo di S. Trada e l'area di servizio "Villa San Giovanni" (Figura 2). In quest'ultimo settore sono inoltre diffuse alla base del versante anche accumuli tipo coni di origine mista, a testimoniare la possibile attivazione di fenomeni di erosione, trasporto e deposizione delle coltri detritiche prodotte dalla sommità e lungo il versante stesso, secondo meccanismi di flusso detritico incanalato lungo i solchi di erosione concentrata.

Fenomeni di dissesto legati sia a frane (seppure mediamente di dimensioni minori) che a processi di degradazione sono presenti anche nei settori meridionale ed occidentale dell'area, dove si osservano in particolare diffusi fenomeni franosi alla tesata e lungo i fianchi delle valli più incise e ampie coltri colluviali che registrano gli intensi processi erosivo-deposizionali che coinvolgono soprattutto le Sabbie e Ghiaie di Messina (Figura 3 e Figura 4).

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

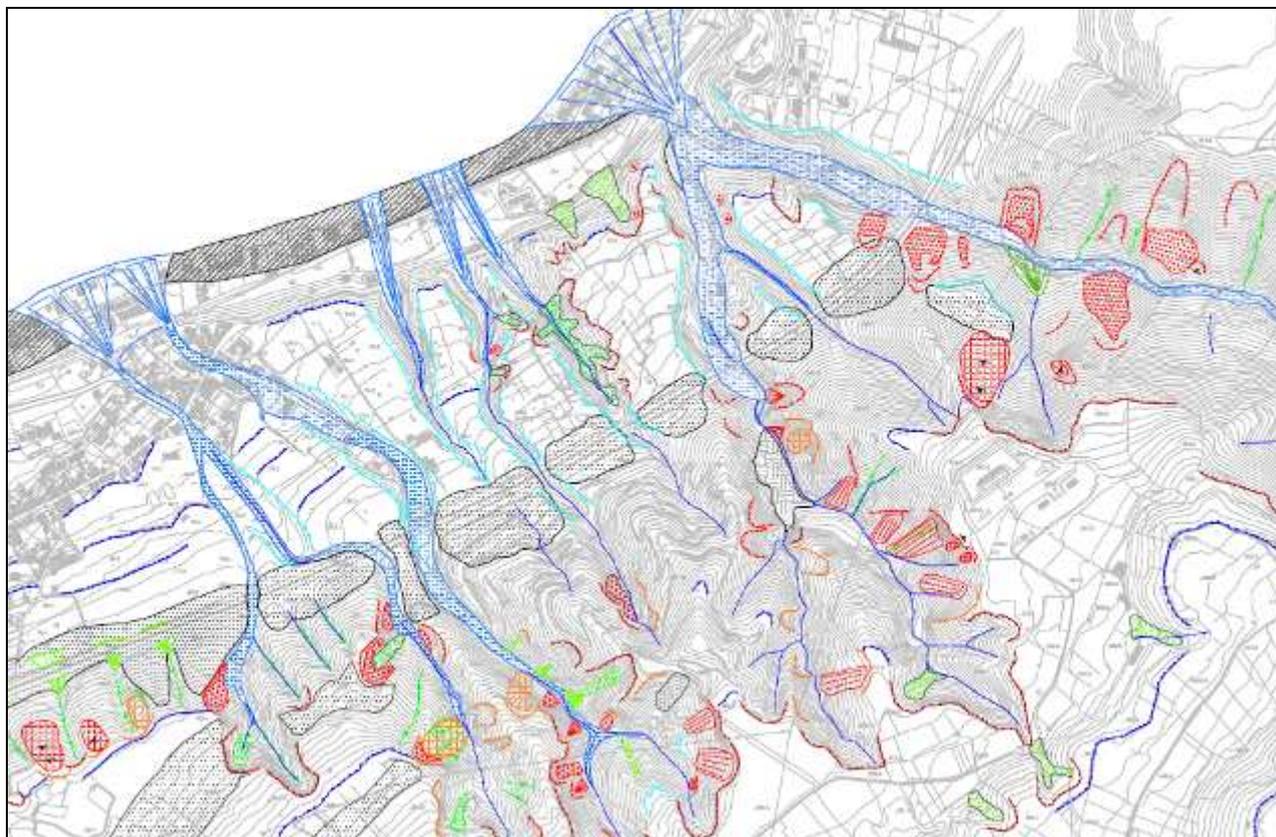


Figura 1 - Inquadramento geomorfologico; valloni compresi tra i torrenti S. Trada e Zagarella

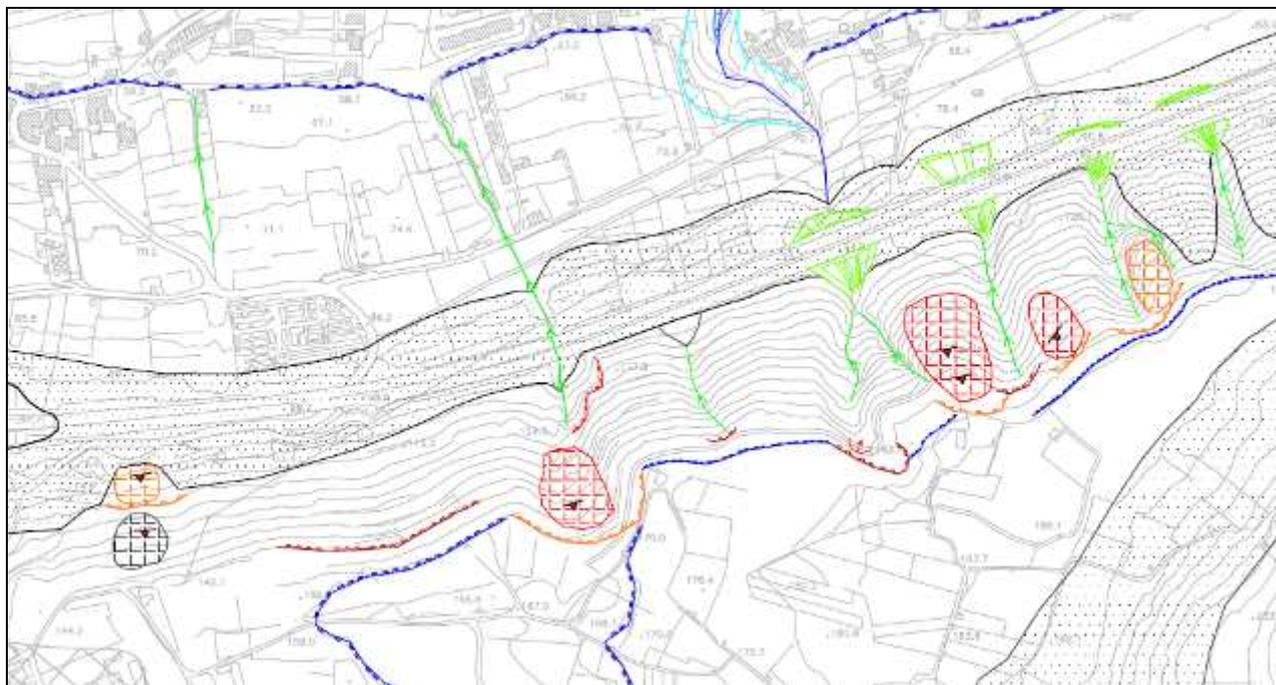


Figura 2 - Inquadramento geomorfologico; versante tra lo svincolo del tracciato della A3 di S. Trada e l'area di servizio "Villa San Giovanni"

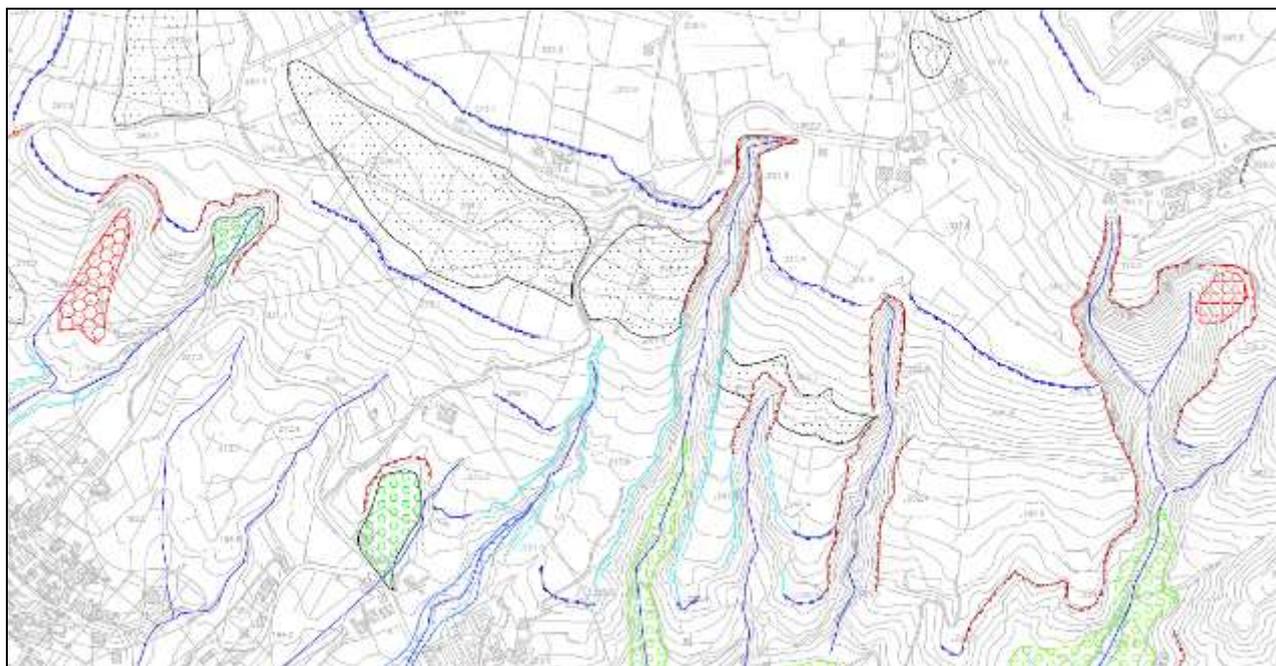


Figura 3 - Inquadramento geomorfologico; settori meridionale ed occidentale dell'area

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

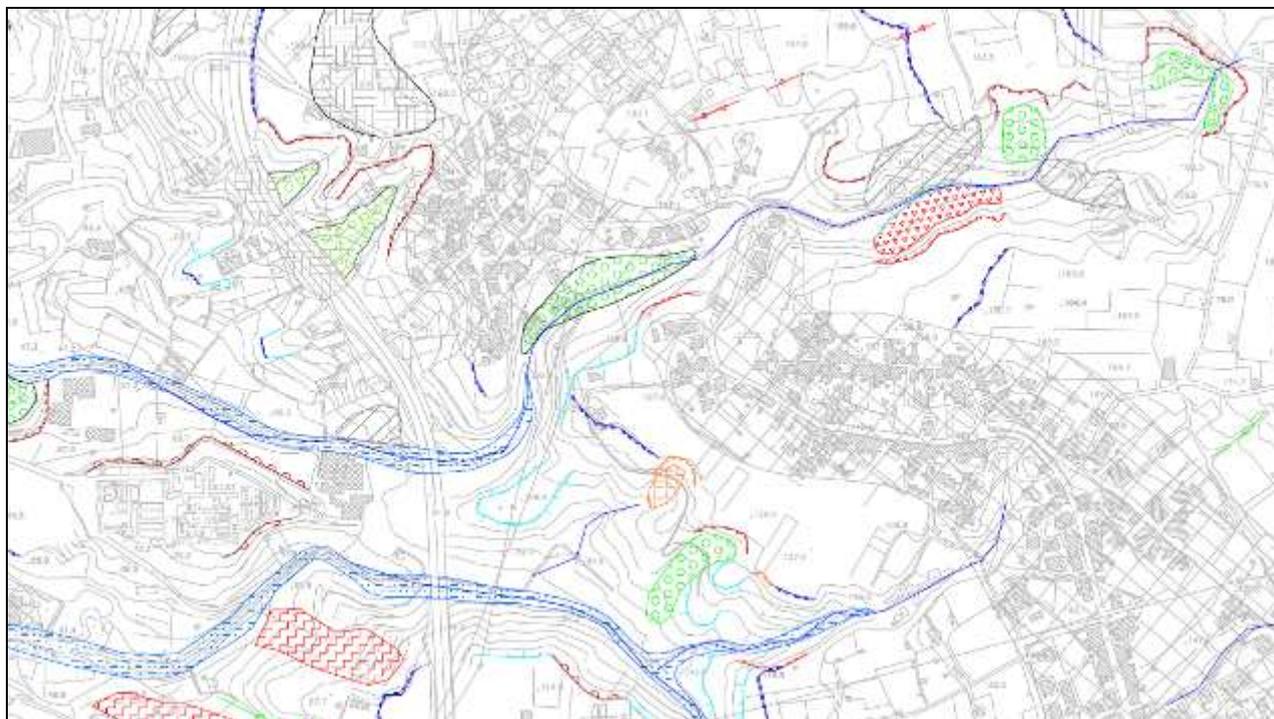


Figura 4 - Inquadramento geomorfologico; settori meridionale ed occidentale dell'area

5.3 Inquadramento stratigrafico lungo il tracciato

Di seguito si descrivono in sintesi le litologie presenti lungo il tracciato autostradale a partire dalla più antica alla più recente.

La successione stratigrafica riconosciuta comprende, dal basso verso l'alto, i seguenti termini ai quali, se esistente, è stata attribuita la denominazione formazionale di letteratura:

- 1) Substrato cristallino,
- 2) Conglomerato di Pezzo,
- 3) Trubi,
- 4) Calcareniti di S.Corrado,
- 5) Formazione di Le Masse,
- 6) Ghiaie e sabbie di Messina,
- 7) Terrazzi marini.

In aggiunta, sono stati distinti i seguenti depositi superficiali:

- 8) Depositi alluvionali,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 9) Eluvio-colluvio,
- 10) Depositi di piana costiera recenti ed attuali,
- 11) Depositi di versante,
- 12) Riporti antropici.

L'intervallo temporale coperto dalla successione sedimentaria cenozoico-quadernaria, sovrastante il substrato paleozoico cristallino-metamorfico, è Tortoniano (Miocene sup.) – Olocene.

Lo schema dei rapporti stratigrafici riportato in Figura 5, sintetizza le tipologie di contatti geologici laterali e verticali interpretati tra i suddetti termini stratigrafici ed, in particolare, mette in luce il carattere trasgressivo di tutte le sovrapposizioni litologiche riconosciute. Di particolare rilievo è il contatto disconforme tra i termini cristallino-metamorfici paleozoici (Substrato cristallino) ed i sovrastanti depositi sedimentari, ascrivibili al Conglomerato di Pezzo, alla Formazione di Le Masse o anche alle Ghiaie e Sabbie di Messina.

SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI

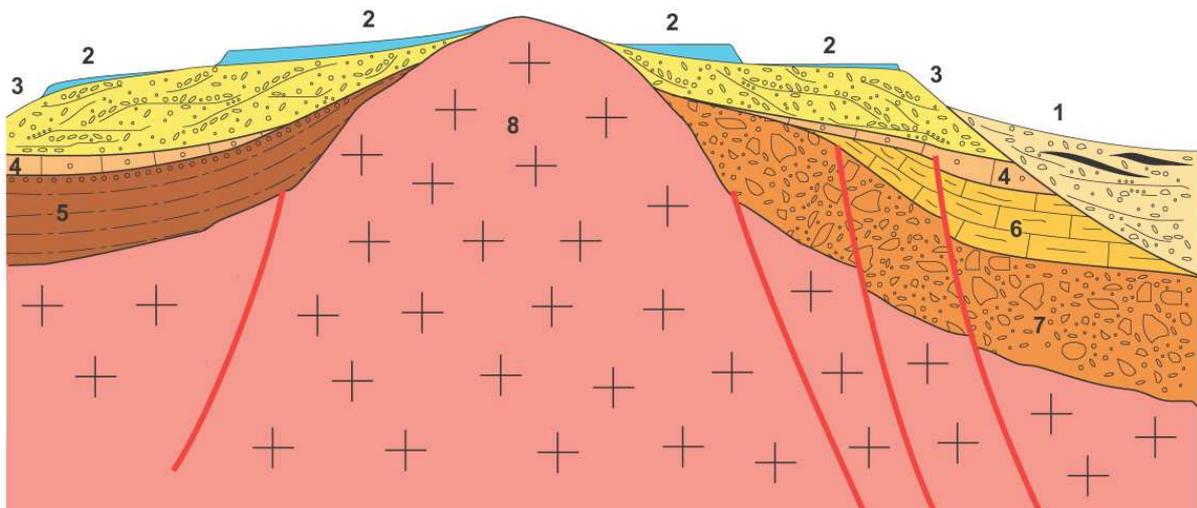


Figura 5 - Schema dei rapporti stratigrafici. 1) Depositi di spiaggia attuale e recente con lenti torbose; 2) Depositi marini terrazzati; 3) Ghiaie e sabbie di Messina; 4) Calcareniti di S. Corrado; 5) Formazione di Massa; 6) Trubi; 7) Conglomerato di Pezzo; 8) Substrato granitico e metamorfico.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

SUBSTRATO CRISTALLINO-METAMORFICO

Sono state distinte in affioramento due litologie ascrivibili al substrato paleozoico: metamorfiti di medio-alto grado (Figura 6) e rocce cristalline granitoidi (Figura 7), rispettivamente nei settori settentrionale e centro-meridionale dell’area di intervento.

Le metamorfiti affioranti nel settore settentrionale sono costituite da paragneiss che lateralmente tendono a passare a micascisti biotitici attraversando petrofacies intermedie. Tali litotipi si presentano di colore grigio, a grana media-fina e tessitura da massiva a foliata.

Le rocce cristalline granitoidi del settore centro-meridionale sono, invece, costituiti da leucogranodioriti a due miche e graniti-monzograniti. Esse contengono xenoliti metamorfici, allungati, a prevalente biotite con inclusi rotondeggianti, e a biotite e plagioclasi; hanno una struttura granulare a tessitura prevalentemente isotropa e costituiscono masse o filoni da decimetrici a metrici intrusi nelle metamorfiti di medio e alto grado.



Figura 6 - Affioramento di paragneiss sul versante sud del vallone Santa Trada.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 7 - Affioramento di rocce granitoidi in corrispondenza del Vallone Piria

Il contatto tra le masse granitoidi e le rocce metamorfiche si sarebbe realizzato in ambito di metamorfismo regionale; a tale contatto, ipotizzato sulla base dell'evidenza di affioramento dei due litotipi, non è stato possibile attribuire una geometria definita. Pertanto, il limite geologico cartografato è da ritenersi valido in prima approssimazione. Tuttavia, esso non interferisce con le opere in sotterraneo all'interno dell'area di intervento.

All'interno dei termini granitoidi è stato localmente riscontrato un sensibile grado di alterazione idrotermale che conferisce alla roccia un aspetto brecciato, a luoghi con colorazione biancastra e farinosa al tatto. Tali caratteristiche si osservano, in particolare, lungo una fascia a direzione N-NE S-SW, in corrispondenza di un allineamento tettonico ben visibile anche da foto aeree in corrispondenza del Vallone Piria. Tale fascia può essere, quindi, associata ad un'ampia zona cataclastica, ipotesi questa avvalorata ulteriormente dalla presenza di un'intensa fatturazione degli ammassi rocciosi immediatamente adiacenti. (Figura 8)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						



Figura 8 - Fascia cataclastica nel substrato cristallino granitoide, in prossimità della testata del Vallone Piria.

Le evidenze di affioramento e di sondaggio consentono di ritenere determinante, ai fini della caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso, la presenza di una fratturazione, a luoghi molto intensa (Figura 9, parte destra), legata alla coesistenza di più sistemi di discontinuità pervasivi che, tuttavia, non conferiscono all'ammasso una spiccata anisotropia. Lungo il sistema tettonico Piale – Mortille, il substrato granitico si presenta in affioramento fortemente cementato per ricristallizzazione di calcite in un fitto reticolo di fratture (Figura 9, parte sinistra).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 9 - Affioramento del substrato granitico intensamente fratturato affiorante nel settore meridionale (sinistra) e nord-orientale (destra) dell'area di studio.

CONGLOMERATO DI PEZZO

E' costituito da un conglomerato poligenico ed eterometrico, a matrice arenacea, da poco a mediamente fino a ben cementato, a stratificazione poco distinta a volte completamente assente. I clasti sono costituiti quasi esclusivamente da rocce del substrato cristallino-metamorfico. I singoli clasti si presentano da sub a scarsamente arrotondati, hanno dimensione variabile, anche superiore al metro ed il deposito si presenta non classato (Figura 10, Figura 11 e Figura 12). Raramente è stata rinvenuta nella matrice tra i clasti la presenza di frammenti lignei carboniosi. Localmente, inoltre, nella parte alta, al di sotto del contatto trasgressivo con i soprastanti depositi ascritti ai Trubi, si rinviene in affioramento ed in sondaggio la presenza di un livello di spessore metrico costituito da sabbie grigie monogranulari a laminazione piano-parallela che a luoghi passano a sabbie gialle ascrivibili ai depositi trasgressivi dei Trubi (Figura 13).

Queste evidenze portano ad ipotizzare un ambiente di sedimentazione condizionato dalla vicinanza di rilievi cristallini, caratterizzati da una forte energia del rilievo, soggetti ad intensa erosione. Il materiale smantellato si sarebbe depositato al piede dei rilievi, al margine di una piana costiera o in un ambiente marino litorale, dove subiva una scarsa evoluzione da parte del moto ondoso. Il materiale si sarebbe accumulato prevalentemente allo sbocco delle aree di impluvio con flussi ad alta efficienza, presumibilmente con meccanismi di trasporto in massa gravitativi (debris flow).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 10 - Affioramenti del Conglomerato di Pezzo nei pressi di Campo Piale.



Figura 11 – Affioramento del Conglomerato di Pezzo nei pressi di Campo Piale (Hotel Panorama).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I depositi del Conglomerato di Pezzo affiorano estesamente nel settore più occidentale dell'area (località Pezzo e Cannitello, versante a monte dell'autostrada SA-RC).

Data la limitata estensione degli affioramenti di Conglomerato di Pezzo la sua caratterizzazione litologica è stata significativamente coadiuvata dall'analisi macroscopica delle carote di sondaggio.



Figura 12 – Affioramento del Conglomerato di Pezzo nei pressi della località Mortille.

Ciononostante, permane in alcuni siti (cfr Opera Terminale) l'oggettiva difficoltà a distinguere inequivocabilmente il Conglomerato di Pezzo dal sottostante substrato cristallino, a causa della mancanza in carota di sondaggio di evidenza di clasti natura metamorfici, all'elevato grado di cementazione che tende ad obliterare l'eventuale natura clastica del deposito ed al ridotto stato di fratturazione osservabile sulle carote.

In base all'insieme dei dati stratigrafici disponibili non è possibile stimare direttamente la potenza massima dell'Unità; tuttavia, le indagini geognostiche hanno reso possibile attribuire al Conglomerato di Pezzo spessori variabili da un minimo di qualche metro ad un massimo di diverse

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

decine di metri (Figura 11 e Figura 12). L'aumento di spessore si osserva da est verso ovest ed è presumibilmente connesso a geometrie deposizionali del corpo detritico, a loro volta connesse all'evoluzione tettonica sin-sedimentaria.



Figura 13 - Affioramento di sabbie gialle alla base dei Trubi, soprastanti le sabbie grigie a laminazione piano-parallela (affioranti limitatamente alla porzione in basso a destra della foto) al tetto del Conglomerato di Pezzo. È ben visibile il passaggio verso l'alto dalla facies marnoso-limosa a quella calcarenitica dei Trubi. Affioramento ubicato qualche centinaio di metri a nord della stazione di servizio autostradale.

In corrispondenza degli affioramenti disponibili nell'area non è mai stato osservato uno stato di fratturazione pervasiva caratterizzata da giunti persistenti (extraclastici) nell'ammasso roccioso, evidenza che rende più approssimativa rispetto al substrato la definizione di ampiezza delle fasce cataclastiche in corrispondenza degli elementi tettonici principali (Figura 12).

Per quanto attiene invece al grado di cementazione, l'insieme delle evidenze di affioramento e, soprattutto, di sondaggio induce a tenere conto di una ampia variabilità di questa caratteristica relativamente alla quale, tuttavia, non è stato possibile restituire una affidabile zonazione alla scala Eurolink S.C.p.A.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

di lavoro.

E' da rilevare che, ad oggi, né in sondaggio né in affioramento è stato osservato il contatto disconforme tra il Conglomerato di Pezzo ed il substrato paleozoico.

Il contenuto fossilifero dell'Unità è pressoché assente (Atzori & Vezzani, 1974). Pertanto l'età di tali depositi (ovvero Tortoniano sup.) è desunta in via indiretta, dalla loro posizione stratigrafica.

TRUBI

Sono caratterizzati da marne, marne argillose e marne siltose di colore bianco-giallastro, a frattura concoide, localmente con abbondanti livelli sabbiosi fini di colore grigio chiaro. La stratificazione, non ovunque netta, è medio-sottile (10-50 centimetri) (Figura 14). Questa unità costituisce un livello guida determinante ai fini della ricostruzione dell'assetto geologico-strutturale dell'area

In tutta l'area di intervento essi poggiano discordanti sul Conglomerato di Pezzo, con uno hiatus deposizionale relativo all'intero intervallo temporale del Messiniano. A monte dell'abitato di Pezzo, in un affioramento a NW dell'area di servizio della SA-RC, i Trubi poggiano sul Conglomerato di Pezzo con interposizione alla base di un orizzonte di circa 1,5 metri di sabbie giallastre e presentano al tetto, ed in contatto trasgressivo, un orizzonte calcarenitico (Figura 14 e Figura 15).



Figura 14 - Affioramenti della formazione dei Trubi. Si notano i sistemi di faglia mesoscopici e la stratificazione da sub-orizzontale a debolmente immergente verso S.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

stati raggiunti spessori fino a 30-40m. Tale variabilità di spessori è da connettersi in prima istanza all'articolazione in alti e bassi della superficie morfologica sulla quale essi si sarebbero depositi al di sopra del Conglomerato di Pezzo, livellando la paleomorfologia in esso scolpita. Di particolare rilievo, è l'ispessimento della formazione nel settore posto a sud della zona dell'ancoraggio, nel quale è stata riconosciuta una paleo-depressione orientata NE-SW nella quale i Trubi raggiungono spessore massimo. In alcuni settori dell'area, tale unità risulta mancante per erosione.



Figura 15 - Affioramento del contatto trasgressivo tra la facies marnosa e quella calcarenitica dei Trubi a valle della stazione di servizio autostradale.

La deposizione dei Trubi è legata alla trasgressione del Pliocene inferiore (biozona a *Sphaerodinellopsis*), con cui si ristabiliscono condizioni deposizionali di tipo marino normale, dopo l'esaurimento della crisi di salinità del Messiniano superiore. Localmente, la rilevata mancanza di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

depositi sedimentari attribuiti al Messiniano, potrebbe essere imputabile sia ad una fase erosionale pre-pleocenica, sia ad una mancata deposizione in quanto questo settore, già nel Messiniano, avrebbe potuto costituire un alto strutturale.

Datazioni condotte per mezzo della analisi di biozone a micro foraminiferi planctonici hanno consentito di individuare, limitatamente al settore di interesse per l'intervento (ovvero dalla località Campo Piale a Cannitello), un intervallo cronologico di competenza dei Trubi compreso tra lo Zancleano (c.a. 5.3 Ma – biozona a Globogerina punctulata) ed il Piacenziano (c.a. 2.6 Ma – biozona a Globigerina aemiliana), dunque intrapliocenico. In particolare, i termini più recenti dei Trubi si sovrappongono cronologicamente alla base della Formazione di Le Masse, lungo la scarpata morfologica correlabile all'elemento tettonico Campo Piale-Mortille, mentre i più antichi si rinvengono in affioramento e sondaggio dagli affioramenti all'altezza della stazione di servizio autostradale al settore di competenza della progettanda Opera Terminale (OPTC).

In affioramento i Trubi presentano sistemi di faglie mesoscopiche con rigetti centimetrici a cui non sono associate fasce cataclastiche; nel complesso il grado di fratturazione è basso.

FORMAZIONE DI LE MASSE

Si tratta di un'alternanza di spesse bancate di marne argillose, arenarie debolmente cementate, passanti verso l'alto a calcareniti e sabbie con sottili intercalazioni argillose, affioranti estesamente nel settore sud-orientale dell'area di intervento (Figura 16 e Figura 17). I livelli calcarenitici presentano laminazioni piano parallele. L'attribuzione formazionale è tratta dalla letteratura (Di Stefano & Lentini, 1996; Lentini et alii, 2000; Carbone et alii, 2008) che ne riporta anche un contenuto fossilifero ricco in nannoflore del Pliocene medio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						



Figura 16 - Affioramento della Formazione di Le Masse in cui è ben visibile la stratificazione dei depositi ghiaioso-sabbiosi e la loro intercalazione in spessori metrici.



Figura 17 - Formazione di Le Masse affiorante nel settore sud-orientale dell'area di intervento. A destra si nota il passaggio graduale verso l'alto ad alternanze tra sabbie e livelli calcarenitici.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

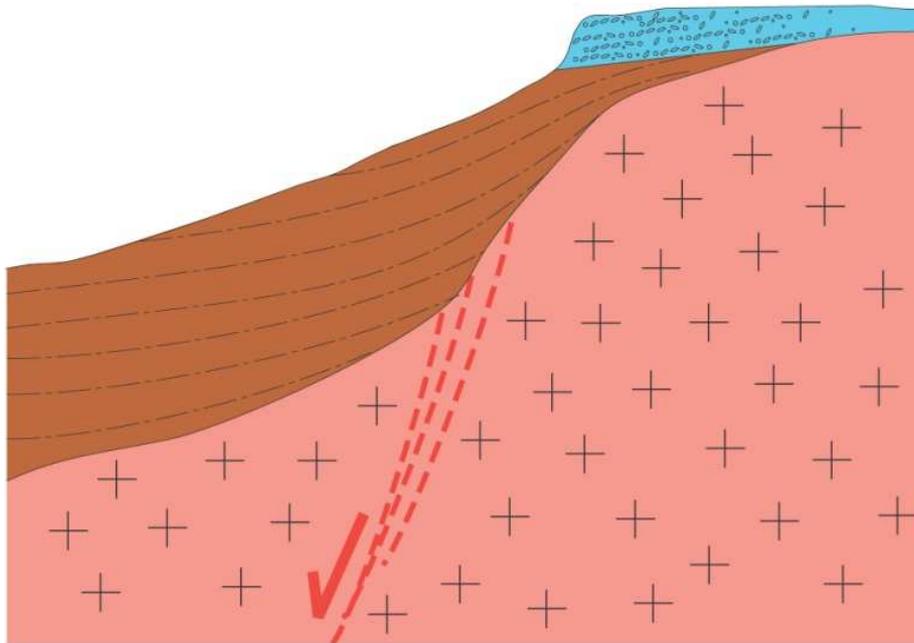


Figura 18 - Schema dei rapporti tra i depositi riferiti alla Formazione di le Masse ed il substrato cristallino granitoide lungo il sistema tettonico Piaie-Mortille (sinistra).

Tale unità è stata riconosciuta in affioramento in prossimità del sistema tettonico Piaie- Mortille, ove essa poggia in discordanza angolare sul substrato cristallino granitoide intensamente fagliato e ribassato verso SW (Figura 18). La chiusura verso nord, al disopra del suddetto sistema di faglia, è riconducibile a una geometria di tipo on-lap con gradi di inclinazione che non superano 10° verso SW. La formazione di Le Masse non risulta comunque interessata da evidenti sistemi di fagliazione.

Lo spessore massimo in affioramento è superiore a 200m.

L'estensione complessiva di formazione è stata desunta tramite l'ausilio di sondaggi geognostici che hanno intercettato tali depositi anche nel settore orientale, al disotto dei depositi dei terrazzi marini, o delle Sabbie e Ghiaie di Messina.

Verso l'alto il passaggio con le sovrastanti Sabbie e Ghiaie di Messina è erosivo. Presentano laminazioni piano parallele ben distinguibili mantenendo spesso una giacitura sub-orizzontale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

CALCARENITI DI S. CORRADO

Si tratta di calcareniti e calciruditi clastiche e bioclastiche, da moderatamente cementate a cementate, con stratificazione incrociata (Figura 19, Figura 20destra). Sono presenti orizzonti di sabbie giallastre, grossolane, addensate e laminate, a luoghi di qualche metro di spessore (Figura 21). Alla base è stato a luoghi rinvenuto una banco di breccie cementate costituite da clasti spigolosi di roccia metamorfica e granitici di dimensione da centimetrica a decimetrica, in matrice micritica (Figura 20 sinistra).



Figura 19 – Affioramento di Calcareniti di S.Corrado presso Cannitello (livelli lapidei di natura bioclastica).

 Stretto di Messina		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 20 - *Dettagli di affioramenti della Formazione di S. Corrado in cui è ben visibile l'abbondante contenuto bioclastico (foto di destra) e la presenza, a luoghi, di blocchi cristallino-metamorfici cementati da matrice micritica (foto di sinistra).*



Figura 21 - *Affioramento di Calcareniti di S. Corrado lungo la statale SS18 presso Cannitello (orizzonti sabbiosi gallastri).*

La frazione clastica dei livelli calcarenitici è costituita da elementi eterogenei, eterometrici (diametri da millimetrici a pluricentrimetrici), sub angolari e subordinatamente subarrotondati. La frazione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

bioclastica è rappresentata da coralli, bivalvi, principalmente ostreidi, gasteropodi, brachiopodi, scafopodi, echinidi, balani e coralli.

Il colore prevalente è avana, a luoghi avana-biancastro e la stratificazione, ben visibile, è generalmente piano-parallela e localmente incrociata.

Il deposito è trasgressivo sia sui sottostanti Trubi sia sul Conglomerato di Pezzo. La discordanza angolare rispetto alla formazione di appoggio è tra 5 e 10°. Non è mai stato osservato un appoggio diretto delle Calcareniti di San Corrado sul substrato cristallino.

L'unità è attribuita cronologicamente al Pleistocene inferiore (Ghisetti, 1981a, b; Carbone et alii, 2008); nella letteratura è stata localmente indicata anche come Calcareniti di Vinco. Analogamente ai Trubi, le Calcareniti di San Corrado costituiscono un livello guida nella successione stratigrafica. L'analisi micropaleontologica dei depositi calcarenitici qui ascritti alla formazione di San Corrado rileva la sterilità di microrganismi.

I depositi ad essa ascritti si rinvergono in affioramento in lembi discontinui in prossimità della Strada Statale 18 e lungo il versante settentrionale che, dall'autostrada SA-RC, degrada verso il mare. L'unità è stata riconosciuta grazie alle peculiari caratteristiche litologiche in numerosi sondaggi.

Lo spessore varia da qualche metro a 10 metri circa (località Pezzo).

SABBIE E GHIAIE DI MESSINA

Sono costituiti da ghiaie da medie a grossolane in matrice sabbiosa. Si presentano generalmente ben stratificate anche se, più raramente, agli strati si intercalano livelli lenticolari conglomeratici o sabbiosi. I clasti, da sub-arrotondati ad appiattiti, sono di natura poligenica e risultano prevalentemente costituiti da termini cristallino-metamorfici (Figura 22, Figura 23, Figura 24). La giacitura presenta tipicamente una inclinazione di 25°-30° verso l'asse dello Stretto di Messina ed è spesso ben evidente una stratificazione incrociata con embricatura dei clasti (Figura 22). L'insieme delle caratteristiche sedimentologiche ed i rapporti con gli altri depositi affioranti, indicano per tali depositi un ambiente deposizionale riferibile ad un sistema deltizio fortemente alimentato dalle fiumare.

Le Ghiaie e Sabbie di Messina affiorano estesamente nell'intero settore occidentale e sud-occidentale dell'area di intervento, gli spessori deducibili da affioramento e sondaggio aumentano spostandosi verso ovest, e variano da pochi metri, in prossimità dei punti in cui si osservano a diretto contatto con il substrato cristallino-metamorfico (località Campo Piale), fino a 100m tra gli

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

abitati di Cannitello e Villa S.Giovanni. Nell'area di intervento, le Sabbie e Ghiaie di Messina si osservano in discordanza su tutti i termini litologici presneti nell'aerea di studio e di età precedente, ovvero dal substrato cristallino alla Formazione di S. Corrado. Nell'intera area di intervento le Sabbie e Ghiaie di Messina non si presentano interessate da elementi tettonici anche se, sul lato siciliano, diversi Autori (Carbone et alii, 2008) rilevano la presenza di fagliazione al loro interno (Figura 22).



Figura 22 - Affioramento di Sabbie e Ghiaie di Messina in cui è ben visibile la pendenza a basso angolo degli strati verso l'asse dello Stretto di Messina.

Il sistema deltizio delle ghiaie di Messina, legato alla sua progradazione verso l'asse dello Stretto di Messina, è deducibile a più grande scala considerando l'estensione e la disposizione areale dell'intero corpo deposizionale stratificato. Relativamente all'area di Villa S.Giovanni-Cannitello, i depositi affioranti possono essere attribuiti alle facies clinostratificate del foreset (ovvero della

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

porzione più esterna del corpo deltizio). Le Ghiaie e Sabbie di Messina vengono attribuite da diversi Autori (in particolare Barrier et alii, 1987) al Pleistocene medio, esse non presentano faune significative, ma sono trasgressive al disopra della Formazione di Le Masse e ricoperte a loro volta da depositi dei terrazzi marini olocenici.



Figura 23 - Dettaglio di un livello ghiaioso intercalato con sabbie nelle Sabbie e Ghiaie di Messina.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 24 - Affioramento in parete sub-verticale delle Sabbie e Ghiaie di Messina. Nella foto a sinistra è osservabile la stratificazione incrociata.

Dal punto di vista litotecnico, i depositi delle Ghiaie e Sabbie di Messina sono da considerarsi terre da moderatamente a fortemente addensate, con cementazione da scarsa ad assente. All'accentuata eterometria dei clasti ed alla stratificazione del deposito si deve la capacità di sostenere pareti sub-verticali fino a 10-20 m di altezza (Figura 24).

DEPOSITI MARINI TERRAZZATI

Sono rappresentati da depositi marini sabbiosi e sabbioso ghiaiosi fortemente pedogenizzati in prossimità della superficie, che ricoprono la maggior parte della superficie esposta nell'area di intervento (Figura 25). A luoghi il contatto trasgressivo con il substrato cristallino-metamorfico è marcato dalla presenza di un orizzonte clastico a grossi blocchi arrotondati, in una scarsa matrice sabbiosa arrossata (Figura 26). Non si osserva, in generale, una chiara stratificazione; tuttavia, quando presente, essa risulta sub-orizzontale o al più si osserva una debole immersione dei depositi verso mare.

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale</p>		<p><i>Codice documento</i> CS0211_F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>



Figura 25 - Spessi depositi marini terrazzati presso Campo Piale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 26 - Affioramento del contatto trasgressivo tra terrazzo marino e substrato cristallino-metamorfico, marcato dalla facies conglomeratica a grossi blocchi arrotondati.

I depositi marini si presentano terrazzati a diverse quote sul livello del mare, in trasgressione sul substrato cristallino, sul conglomerato di Pezzo, sui Trubi, sulla formazione di Le Masse, sulle Calcareniti di San Corrado e sulle Sabbie Ghiaie di Messina. Sulla base dell'ampia letteratura esistente in materia (Ghisetti & Vezzani, 1980; Bonfiglio & Violanti, 1983; Bassinot et alii, 1984; Martison et alii, 1987; Bonfiglio, 1991; Bada et alii, 1991; Catalano & Cinque, 1995; Catalano & Di Stefano, 1997; Catalano et alii, 2003; Carbone et alii, 2008; Miyauchi et alii, 1994; Dumas et alii, 2005) l'età attribuibile ai terrazzi cartografati nell'area di intervento copre l'intervallo Pleistocene medio-superiore. Dettagli più specifici relativi agli ordini gerarchici di suddetti terrazzi e alla loro attribuzione cronologica sono contenuti nella relazione geomorfologica.

Dal punto di vista litotecnico, i depositi dei terrazzi marini rappresentano terre da sciolte a debolmente coesive con cementazione da debole ad assente. L'eterometria degli orizzonti ghiaioso-sabbiosi e la loro alternanza garantiscono comunque la capacità da parte dei depositi di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

mantenere pareti sub-verticali anche in corrispondenza di tagli antropici (Figura 27).



Figura 27 – Pareti di trincea artificiale realizzate nei depositi dei terrazzi marini presso Campo Piale.

DEPOSITI ALLUVIONALI

Si tratta prevalentemente di depositi sabbioso-ghiaiosi olocenici di fondo alveo (Figura 28), contenenti a luoghi grossi blocchi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 28 – Depositi alluvionali terrazzati che colmano una vallecola sospesa presso Campo Piale.

Tali depositi risultano spesso terrazzati a diverse altezze rispetto all'attuale alveo fluviale. Essi poggiano al disopra di diversi termini della successione presente nell'area e spesso l'incisione lineare operata dai corsi d'acqua determina la diretta sovrapposizione di tali depositi sul substrato cristallino-metamorfico. Gli spessori massimi dedotti da affioramento e sondaggi non è superiore alla decina di metri.

ELUVIO-COLLUVIO

Comprende depositi olocenici derivanti dalla degradazione meteorica dei litotipi affioranti; coltri superficiali di alterazione; materiali eluvio-colluviali a composizione prevalentemente sabbioso-limosa e solo subordinatamente argillosa (Figura 29). Lo spessore è fortemente variabile in funzione della locale topografia ed, in generale, esso è compreso entro il metro, mentre raggiunge alcuni metri soprattutto in corrispondenza di impluvi e vallecole .

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 29 - Depositi eluvio-colluviali soprastanti depositi di versante clinostatificati, eterometrici ed a clasti visibilmente spigolosi, osservabili presso il Vallone Piria.

DEPOSITI DI PIANA COSTIERA E RECENTE

Depositi distribuiti entro 200 m dall'attuale linea di costa di età olocenica (Figura 30), il cui spessore massimo misurato in sondaggio è di circa 60 m. Sono costituiti da sabbie con ciottoli di composizione prevalentemente quarzoso-feldspatica a cui si intercalano livelli o lenti di argille limose e di torbe.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 30 – Vista panoramica dalla SS18 della piana costiera colmata da depositi olocenici presso Cannitello (in corrispondenza del sito designato per le fondazioni dell’opera di attraversamento).

Nella piana costiera prospiciente l’abitato di Cannitello sono stati individuati in sondaggio fino a tre distinti livelli di torba, compresi entro i primi 50 m dal p.c.. Lo spazio di accomodamento di tali depositi è risultato dalla strutturazione tettonica della fascia costiera frutto della tettonica estensionale che ha interessato il substrato cristallino-metamorfico e la soprastante la successione sedimentaria plio-pleistocenica. In corrispondenza del tratto di piana costiera di interesse per l’intervento non sono mai state rinvenute in sondaggio Ghiaie e Sabbie di Messina al di sotto dei depositi costieri olocenici che, invece, risultano poggiare direttamente sul Conglomerato di Pezzo o sulle calcareniti della Formazione di S.Corrado.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

DEPOSITI DI VERSANTE

Sono depositi detritici olocenici alimentati da processi di degradazione e trasporto dovuto sia alle acque di dilavamento che alla gravità ed accumulati, in genere, alla base dei versanti, dove costituiscono perlopiù falde a luoghi coalescenti (Figura 29). In località Case Alte, nel settore nord-orientale dell'area di intervento, è stato distinto un deposito di sabbie di colore rossastro da medie a grossolane, solo subordinatamente fini, con rare intercalazioni di livelli di ghiaiosi o limosi. La clinostratificazione è resa evidente dalla presenza di livelli da medi e sottili, inclinati di 20°-25°, e dalla presenza, a luoghi, di una laminazione incrociata. I clasti sono ben classati ed a composizione perlopiù quarzoso-feldspatica. Lo spessore massimo deducibile dagli affioramenti di tali depositi è valutabile nell'ordine dei 10 metri.

Tali depositi affiorano estesamente lungo l'intero versante a monte dell'attuale tracciato autostradale, interrompendosi solo in corrispondenza dei valloni e dei versanti a maggiore acclività.

5.4 Inquadramento idrogeologico

Come introduzione di carattere generale va rilevato che le numerose rampe costituiscono un complesso nodo infrastrutturale che interessa una porzione piuttosto limitata di un unico sistema acquifero. Tale sistema acquifero verrà pertanto drenato in più punti dalle varie gallerie stradali, cui si devono aggiungere le gallerie ferroviarie, che peraltro si trovano ad una quota inferiore e che pertanto saranno in realtà gli elementi di principale rilevanza per le interazioni con la falda.

Il nodo di gallerie si inserisce in un contesto idrogeologico generale piuttosto complesso, ove si può individuare la presenza di un sistema acquifero costituito perlopiù dal conglomerato di Pezzo, cui si aggiungono verso l'alto le ghiaie e sabbie di Messina, i depositi alluvionali attuali e recenti e i depositi recenti dei terrazzi marini. Alla base il sistema acquifero è delimitato dal basamento cristallino pre-mesozoico che presenta generalmente un grado di permeabilità molto basso. Quantitativamente il conglomerato di Pezzo è l'unità idrostratigrafica volumetricamente più importante, ma con minor grado di permeabilità che costituisce l'acquifero, mentre gli altri termini citati sono volumetricamente meno importanti e anche discontinui, ma sono quelli in cui avviene la maggior parte del flusso, a causa della elevata permeabilità.

Il contesto generale è quindi quello di un sistema di flusso con falda a superficie libera, dalle caratteristiche di trasmissività estremamente variabili da punto a punto e in cui il movimento delle acque sotterranee avviene in maniera piuttosto disomogenea. Peraltro a rendere più complesso il

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

contesto idrogeologico interviene anche la presenza locale dei Trubi, che sono un orizzonte impermeabile interposto tra il conglomerato di Pezzo e le unità idrostratigrafiche superiori, e di numerose faglie con orientazione prevalente ENE-WSW e NW-SE. I Trubi sono presenti soltanto nel settore est del nodo di gallerie, mentre nel settore ovest essi sono stati erosi. Pertanto nel settore est sarà possibile anche la presenza di un doppio sistema di flusso, con una falda sospesa al di sopra dei Trubi nelle ghiaie e sabbie di Messina e nei depositi recenti e una falda sottostante all'interno del conglomerato di Pezzo.

La presenza delle faglie invece può condizionare soprattutto l'idrodinamica all'interno del conglomerato di Pezzo, meno gli altri termini acquiferi. Infatti, il conglomerato, che è interessato da diffusi ma discontinui fenomeni di cementazione, presenta probabilmente degli incrementi di permeabilità per fratturazione e frammentazione lungo le zone di faglia, mentre gli altri termini (ghiaie e sabbie di Messina e depositi recenti), non cementati, o comunque meno cementati, risentono meno della presenza dei disturbi tettonici, che anzi potrebbero localmente agire da elementi di compartimentazione, sebbene questo ruolo non emerga con chiarezza dai dati disponibili. Dalle ricostruzioni piezometriche effettuate in ogni caso il ruolo idrogeologico delle faglie non emerge in maniera evidente. E' tuttavia probabile che il ruolo delle faglie vari da zona a zona.

Nel settore orientale dell'area di studio, dove le ricostruzioni piezometriche indicano un flusso a prevalente direzione sud-nord, le faglie a direzione ENE-WSW non hanno verosimilmente un ruolo idrogeologico importante, poiché costituiscono dei volumi a permeabilità maggiore imballati all'interno di un acquifero a permeabilità minore. Tali corpi a permeabilità maggiore presentano però uno sviluppo trasversale rispetto alle linee di flusso, il cui effetto di incremento di permeabilità viene pertanto smorzato dalla presenza di materiale meno permeabile a monte e a valle. Diverso è il ruolo di questi sistemi nel settore ovest, dove il flusso avviene principalmente in direzione est-ovest, circa parallelamente allo sviluppo delle discontinuità; in questo caso esse possono costituire degli assi di drenaggio preferenziali dell'acquifero alla scala locale.

Per le faglie a direzione NW-SE vale un discorso inverso, poiché esse hanno una direzione obliqua rispetto al flusso nel settore ovest, mentre risultano circa parallele alle direzioni di flusso nel settore est.

Va detto tuttavia che la ricostruzione piezometrica disponibile non sembra indicare una grossa influenza delle faglie sul deflusso sotterraneo generale. E' comunque possibile che ciò sia dovuto al fatto che questa ricostruzione fotografa bene il flusso nelle porzioni più alte dell'acquifero, quelle più permeabili e poco disturbate dalla presenza di faglie, mentre nelle porzioni più basse, seppur in

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

continuità con quelle superiori, il flusso, meno attivo, può presentare anche direttrici preferenziali leggermente diverse da quelle superficiali.

Stante la ricostruzione piezometrica ottenuta negli studi idrogeologici generali, il nodo di gallerie stradali e ferroviarie si colloca in un settore di spartiacque idrogeologico, con flussi diretti verso N e NNE in corrispondenza della rampe D e C, e flussi diretti verso SW in corrispondenza delle rampe A e B.

5.4.1 Rampa A

La tratta in galleria si sviluppa prevalentemente all'interno della Formazione del conglomerato di Pezzo. Questa unità idrostratigrafica dovrebbe presentare un grado di permeabilità relativamente basso a causa della presenza di frequenti fenomeni di cementazione. Sulla base delle ricostruzioni piezometriche eseguite la galleria dovrebbe trovarsi per buona parte del suo sviluppo in zona satura, in particolar modo tra il Km 0+600 e 1+800 circa.

Nella tratta compresa tra il Km 0+600 e 0+800 ca. la galleria correrà solo parzialmente (piedritti e soletta) all'interno della zona satura, mentre il livello d'acqua non raggiungerà la calotta. Successivamente tra il Km 0+800 e 1+100 il livello d'acqua potrebbe salire progressivamente e attestarsi al di sopra della quota della calotta tra 0 e 5m. tra il Km 1+100 e 1+400 il livello d'acqua sulla calotta della galleria oscillerà tra 5 e 10m, per poi tornare a decrescere progressivamente oltre il Km 1+400 fino al km 1+600 ove esso sarà pari alla quota della calotta. Oltre questa progressiva il tracciato uscirà gradualmente dalla zona satura.

Quando non sono presenti disturbi tettonici la conducibilità idraulica dovrebbe essere dell'ordine dei 1×10^{-7} o 5×10^{-7} m/s (si vedano le considerazioni derivanti dal modello numerico presentato nella Relazione Idrogeologica Descrittiva), è dunque possibile che dei modesti afflussi diffusi siano presenti. La probabilità che si verifichino afflussi più significativi cresce invece quando la galleria attraversa delle zone di faglia, perché in questo caso i fenomeni di fratturazione possono generare una permeabilità secondaria anche piuttosto elevata, con conducibilità crescenti anche fino ai 10^{-6} o 10^{-5} m/s. Gli afflussi maggiori legati alla presenza di zone di faglia nel conglomerato di Pezzo si potranno verificare nell'intorno dei Km 1+030, 1+220 e 1+460. Tutte le altre faglie saranno interessate dal tracciato in zona insatura oppure con battenti d'acqua molto bassi e non in grado di determinare afflussi idrici importanti. Va peraltro specificato che tutte le faglie intercettate da questo tracciato saranno direttamente o indirettamente interessate da drenaggio a quote inferiori da parte delle gallerie ferroviarie. L'entità degli afflussi nella Rampa A lungo queste strutture sarà pertanto funzione del cronoprogramma degli scavi. Qualora le gallerie ferroviarie fossero scavate

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

prima di quelle stradali l'entità delle venute in queste ultime sarebbe probabilmente assai ridotta o possibilmente anche nulla.

Nell'intorno del Km 1+000 peraltro è anche previsto che la galleria corra all'interfaccia tra il conglomerato di Pezzo e le soprastanti ghiaie e sabbie di Messina, che presentano permeabilità piuttosto elevate anche al di fuori delle zone di faglia. In questo settore quindi, alla presenza della faglia, si aggiunge la possibilità di venute importanti a causa dell'attraversamento del contatto.

A partire dal Km 1+740 ca. la galleria viene scavata nei granitoidi del basamento pre-mesozoico. In questa zona la galleria peraltro si sviluppa quasi interamente sopra falda o in prossimità della superficie freatica, pertanto non sono da attendersi afflussi rilevanti. Cautelativamente il profilo idrogeologico previsionale riporta la possibilità di venute lungo le zone di faglia, che saranno verosimilmente afflussi temporanei legati perlopiù a infiltrazione dalla superficie e non strettamente riferibili all'intersezione con una zona satura.

Una quantificazione degli afflussi transitori legati alle fasi di scavo per questa e le altre gallerie è stata realizzata con l'applicazione di metodi analitici, mentre gli effetti del drenaggio sulla falda sono stati esaminati invece nel contesto più generale di un modello numerico ove sono state integrate anche le altre gallerie della zona. Per questi aspetti fare riferimento a quanto valutato nella Relazione Idrogeologica e riportato nella Relazione di Calcolo del Ramo A.

5.4.2 Rampa B

La tratta in galleria della Rampa B si sviluppa per gran parte all'interno del conglomerato di Pezzo e solo per un breve tratto all'interno delle ghiaie e sabbie di Messina. Il tracciato rimane tuttavia quasi sempre ben al di sopra della superficie piezometrica calcolata ricostruita negli studi idrogeologici generali. Con questo assetto geometrico non si prevedono pertanto afflussi significativi.

L'unico settore in cui potranno verificarsi venute di consistente una qualche rilevanza è quello posto in corrispondenza della faglia che interseca il tracciato in prossimità del km 0+400. Anche in questo caso tuttavia gli afflussi non potranno essere particolarmente elevati proprio a causa del ridotto battente idraulico.

5.4.3 Rampa C

La tratta in galleria della Rampa C si sviluppa quasi interamente all'interno del conglomerato di Pezzo e all'interno della zona satura. Viste le caratteristiche di permeabilità relativamente bassa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

previste per il conglomerato è possibile che si verifichino in generale degli afflussi diffusi di non grande entità.

Tra il Km m0+550 e 0+620 ca. il livello d'acqua non dovrebbe mai salire al di sopra della calotta della galleria e interesserà solo i piedritti e la soletta. In queste condizioni non sono da attendersi venute significative. Tra il Km 0+620 e 0+820 ca. il livello d'acqua si attesterà invece al di sopra della calotta tra gli 0 e 10m ca. con punto di massimo carico posto proprio in corrispondenza del Km 0+820. Tra il Km 0+820 e 1+050 il livello d'acqua tornerà progressivamente a diminuire fino a 0m sulla calotta della galleria, per poi abbassarsi ulteriormente e scendere in corrispondenza della soletta proprio in corrispondenza del termine della galleria naturale.

Gli afflussi più consistenti sono da attendersi in corrispondenza della faglia localizzata intorno al Km 0+770 ca. Peraltro questa faglia verrà intercetta e drenata a livelli più bassi dalle gallerie ferroviarie, nonché dalla Rampa D. L'entità degli afflussi nella Rampa C lungo questa faglia sarà pertanto funzione del cronoprogramma degli scavi. Qualora le gallerie ferroviarie fossero scavate prima di quella stradale l'entità delle venute in quest'ultima sarebbe probabilmente assai ridotta o possibilmente anche nulla.

A partire dal Km 1+120 ca. la galleria sarà scavata all'interno del substrato cristallino pre-mesozoico caratterizzato da buone permeabilità solo nelle zone di faglia. Tutte le zone di faglia dovrebbero essere attraversate sopra il tetto della zona satura e quindi non si dovrebbero verificare venute consistenti. Il profilo idrogeologico in asse galleria ha comunque previsto che delle venute temporanee possano essere incontrate in corrispondenza delle discontinuità principalmente per tenere conto di possibili infiltrazioni consistenti dalla zona non satura.

5.4.4 Rampa D

La situazione per la Rampa D è paragonabile a quella prevista per la Rampa C. Anch'essa si sviluppa quasi interamente in zona satura e all'interno del conglomerato di Pezzo, ma per una certa lunghezza interessa anche i Trubi e, marginalmente le ghiaie e sabbie di Messina

. La galleria inizia ad interessare parzialmente la zona satura (piedritti e soletta) a partire dal Km 0+260 fino al Km 0+320 ca. Successivamente, fino al Km 0+820 il livello d'acqua cresce al di sopra della calotta da 0 a circa 10-12m per poi tornare a decrescere tra il km 0+820 ed il Km 1+150, ove il battente sopra la calotta torna ad annullarsi. Tra il Km 1+150 e il limite sud della galleria naturale il livello d'acqua scende progressivamente fino alla quota della soletta.

Dal punto di vista idrogeologico possono essere sitinte diverse tratte. Tra l'imbocco ed il Km 0+980 ca. il tracciato si sviluppa interamente all'interno del conglomerato di Pezzo. In questo settore

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

venute generalizzate di scarsa entità sono possibili, mentre venute più consistenti sono possibili all'intersezione con le zone di faglia. Tra queste, quelle più importanti che saranno intersecate in zona satura sono localizzate intorno ai Km 0+500, 0+770, 0+870 e 0+980 ca. Come già ricordato per tutte le altre rampe autostradali, tutte queste faglie verranno interessate da drenaggio a quote più basse da parte delle gallerie ferroviarie, pertanto l'entità degli afflussi lungo tali strutture per la Rampa D è strettamente funzione del cronoprogramma degli scavi. Qualora la galleria ferroviaria intersecasse le zone di faglia in anticipo rispetto alla rampa, quest'ultima non darebbe origine ad afflussi significativi.

Tra il Km 0+980 e 1+140 la galleria si dovrebbe sviluppare in un contesto di fronti misti che interesseranno elementi litostratigrafici a permeabilità differente. Il maggior sviluppo dello scavo avverrà all'interno della formazione dei Trubi, quindi in contesto non permeabile e in assenza di venute d'acqua. Anche la presenza di zone di faglia nei Trubi non dovrebbe generare permeabilità significative, trattandosi di materiali a grana fine ove le fratture tendono a essere sigillate dal punto di vista idraulico. Tuttavia intorno al Km 1+170 sembra probabile che la calotta dell'opera possa tagliare il limite tra Trubi e ghiaie e sabbie di Messina. In questa situazione sono possibili afflussi, che però dovrebbero essere di modesta entità, dal momento che il livello d'acqua sulla calotta della galleria non risulta essere elevato e si colloca anzi probabilmente a quote inferiori rispetto a quella della calotta medesima.

Tra il km 1+140 ed il termine della galleria naturale il tracciato si sviluppa nuovamente all'interno del conglomerato di Pezzo, ma non sono da attendersi afflussi rilevanti poiché il battente idraulico è molto modesto.

5.4.5 Afflussi lungo le Rampe autostradali

Le problematiche di afflussi in galleria per le rampe autostradali sono principalmente legati ad intersezioni con zone di faglia nel conglomerato di Pezzo. Per fornire valutazioni sull'entità degli afflussi transitori in galleria al momento dell'ingresso degli scavi in zona di faglia è possibile utilizzare la soluzione analitica proposta da Goodman et al. (1965).

Poiché tale problematica è ricorrente lungo i tracciati, e si incontra peraltro per battenti idraulici differenti, si sono svolte alcune stime in contesti di carico e conducibilità variabili, che coprono tutto l'intervallo di condizioni che si presume possano verificarsi.

Le portate drenate sono generalmente dell'ordine dei 2-3 l/s per quasi tutte le condizioni di battente idraulico possibili e soltanto con le ipotesi di conducibilità idraulica maggiore (5×10^{-5} m/s) si

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

possono ipotizzare portate maggiori e dell'ordine dei 10-20 l/s*5m. Queste conducibilità più elevate non sono da escludere, sebbene si ritenga più frequente incontrare le condizioni di conducibilità più basse.

In conclusione per le zone di faglia all'interno del conglomerato di Pezzo sono perlopiù da attendersi portate massime transitorie che saranno inferiori ai 10 l/s*5m. Solo occasionalmente potranno verificarsi portate massime transitorie superiori e comprese tra i 10 e 20 l/s*5m.

Le portate in regime stabilizzato possono essere stimate sulla base delle modellizzazioni numeriche eseguite, che tuttavia suggeriscono che le portate saranno nulle o di entità irrisoria a causa della presenza delle adiacenti gallerie ferroviarie e del richiamo dei flussi sotterranei da esse esercitato.

5.4.6 Perturbazione della piezometria

Essendo prevista per le gallerie una condizione di drenaggio in regime permanente, tali interventi avranno un'influenza sulla piezometria più marcata nel loro intorno, mentre verso mare le variazioni saranno di minor entità o pressoché nulli.

Sulla base dei modelli numerici è stato previsto che la superficie di falda in corrispondenza delle gallerie in regime perturbato si manterrà praticamente alla quota delle opere. Già circa 250-300m a valle delle opere sia sul versante verso Villa San Giovanni che su quello verso Cannitello la falda tenderà invece a stabilizzarsi su livelli non molto dissimili da quello originario, mentre su una fascia di 200-250m a partire dalla costa non si avvertiranno abbassamenti significativi.

Per una miglior definizione delle alterazioni del deflusso in falda è stato inoltre stimato che in prossimità delle zone di recapito a mare del sistema di flusso, nella fascia di 200-250m ove non si verificheranno significativi abbassamenti del livello di falda, a causa della diminuzione comunque presente dell'abbassamento di gradiente a monte si potranno verificare riduzioni del deflusso in falda dell'ordine del 30-40% rispetto al deflusso originario.

5.5 Sintesi dei parametri geotecnici e individuazione dei parametri operativi di calcolo

Per i diversi litotipi rinvenuti lungo il tracciato stradale in corrispondenza dell'opera, sono riportati in sintesi i parametri geotecnici di interesse ai fini progettuali utilizzati per la verifica delle sezioni di scavo e dei rivestimenti definitivi. Laddove non vi sono determinazioni dirette per le profondità di interesse, alle quali si colloca l'asse della galleria, i dati di progetto sono estrapolati tenendo conto

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

della variabilità dei parametri stessi con la profondità dal piano campagna in base anche all'esperienza maturata in analoghi contesti. E' esclusa da tale trattazione la parametrizzazione geotecnica puntuale delle opere d'imbocco; per maggiori indicazioni si faccia riferimento alle relazioni specifiche dei singoli imbocchi. Per maggiori dettagli sulla caratterizzazione geotecnica degli ammassi si rimanda alla relazione Geotecnica Generale

Sabbie e Ghiaie di Messina

La caratterizzazione geotecnica della formazione delle Sabbie e Ghiaie di Messina si è basata prevalentemente sui risultati di prove SPT eseguite a profondità relativamente ridotte in relazione all'opera in oggetto. Ai fini del calcolo e della verifica delle opere in sotterraneo, basandosi anche sull'esperienza maturata in contesti simili e sulle evidenze dei rilievi geostrutturali, sono stati individuati due gruppi geomeccanici, differenziati sulla base del probabile grado di cementazione dell'ammasso in relazione alle coperture. In particolare si ritiene che ad elevate coperture la stima dei parametri di resistenza al taglio, con particolare riferimento al "range" di variabilità della coesione di picco, possa essere eccessivamente cautelativa.

In Tabella 1 sono riportati i parametri utilizzati per le verifiche svolte nei successivi Capitoli. La suddivisione in gruppo geomeccanici è da intendersi finalizzata ai fini operativi e di calcolo. Non si esclude, tuttavia, che anche ad elevate coperture si possano incontrare orizzonti poco cementati e caratterizzati da parametri appartenenti al gruppo geomeccanico 2, e viceversa.

GRUPPI GEOMECCANICI – FORMAZIONE DELLE SABBIE E GHIAIE DI MESSINA			
DATO	CARAT. GEOT. GENERALE	GRUPPO 1 (z>120m)	GRUPPO 2 (z<120m)
γ (kN/m ³)	18÷20	18÷20	18÷20
c'_{picco} (kPa)	0÷10	20÷60	0÷10
φ'_{picco} (°)	38÷40 (p'ff=0-272KPa) 35÷38 (p'ff=272-350KPa)	35÷38 (p'ff=272-350KPa)	38÷40 (p'ff=0-272KPa)
C_r' (kPa)	0	10÷50	0
φ_r' (°)	33÷35	30÷35	33÷35
$E' *$ (Mpa)	$E = (17 \div 35) \cdot (z)^{0.65}$	650-850	100-450
ν' (-)	0.2	0.2	0.2
K (m/s)	$10^{-4} \div 10^{-5}$	$10^{-4} \div 10^{-5}$	$10^{-4} \div 10^{-5}$

Tabella 1 - Parametri di calcolo

Simbologia:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

γ_t = peso di volume naturale;

φ' = angolo di attrito operativo;

c' = intercetta di coesione operativa;

φ_r = angolo di attrito residuo;

c_r = intercetta di coesione residua;

E' = modulo di Young "operativo"; * = si considerano valori nel range per gallerie, fronti di scavo sostenuti con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

ν' = rapporto di Poisson.

Conglomerati di Pezzo

L'opera attraversa la parte relativamente più superficiale del Conglomerato di Pezzo al di sotto delle gallerie Piale, attualmente in fase di scavo. Il conglomerato è composto prevalentemente da clasti di graniti e gneiss cementati in matrice prevalentemente composta da frazioni arenacee fini e limose.

La valutazione delle caratteristiche geotecniche del Conglomerato di Pezzo si è resa problematica, a causa della elevata eterogeneità connessa con la presenza di un elevato contenuto di materiali fini e molto grossolani (anche metrici) nonché di estesi fenomeni di cementazione.

Le prove sismiche in foro effettuate mostrano una elevata dispersione dei valori; dall'analisi di tutti i valori di V_s (media mobile con la profondità) si evidenzia un andamento medio in cui è riconoscibile un primo sismostrato di più scadenti caratteristiche elastiche anche se mediamente crescenti fino a circa 25m. Dalle prove effettuate è dunque risultato evidente come il Conglomerato possa essere suddiviso in due sottogruppi ben distinti: una prima fascia, fortemente alterata, e una zona sottostante a comportamento litoide.

Lo strato superficiale, fortemente alterato, è stato associato al gruppo geomeccanico 3, come evidenziato in Tabella 2. In questo ambito, presumibilmente caratterizzato da una più scarsa cementazione e da maggiore alterazione, sono disponibili:

- prove di carico su piastra di grande diametro
- prove SPT
- prove pressiometriche

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le prove pressiometriche e le prove SPT sono prove “puntuali”, non in grado di rappresentare il comportamento globale di un ammasso conglomeratico molto eterogeneo; inoltre, soprattutto per quanto riguarda le prove SPT, si riferiscono ad un materiale disturbato dall’esecuzione del foro e quindi a maggior ragione non rappresentativo della frazione medio fine cementata ma eventualmente solo della matrice non cementata.

L’ammasso in profondità, in relazione al valore di GSI valutato e a quanto riscontrato durante gli scavi della galleria Piaie, è stato associato al gruppo geomeccanico 1, come evidenziato in Tabella 2.

Allo scopo di definire il comportamento di una zona intermedia tra le due appena definite, è stato individuato il gruppo geomeccanico 2.

GRUPPI GEOMECCANICI – FORMAZIONE DEI CONGLOMERATI DI PEZZO				
DATO	CARAT. GEOT. GENERALE	GRUPPO 1 (z>60m)	GRUPPO 2 (30m<z<60m)	GRUPPO 3 (z<120m)
γ (kN/m ³)	20÷22	20÷22	20÷22	20÷22
c'_{picco} (kPa)	0÷100 z (0-25m) Per profondità maggiori v. Tabella 3	320-410	60-390	0-60
ϕ'_{picco} (°)	38-42 z (0-25m) Per profondità maggiori v. v. Tabella 3	29-32	38	38-42
C_r (kPa)	v. Tabella 3	200-260	50-250	0-40
ϕ_r (°)	v. Tabella 3	15-17	30	30-34
$E' *$ (Mpa)	E'=150-300 (z 0 -20m) E'=300-500 (20 - 35m) E'=500-900 (35 - 65m) E'=900 -1500* (>65m)	900-1500	300-500	150-300
ν' (-)	0.2-0.3	0.2-0.3	0.2-0.3	0.2-0.3
K (m/s)	10^{-7}	10^{-7}	10^{-7}	10^{-7}

Tabella 2

σ_n (Mpa)	Picco		Residuo	
	c' (MPa)	ϕ' (°)	c' (MPa)	ϕ' (°)
0,42	0,16	41	0,10	24
0,63	0,22	37	0,14	21
0,84	0,27	34	0,17	19
1,05	0,32	32	0,20	17
1,26	0,37	30	0,23	16
1,47	0,41	29	0,26	15

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 3

Simbologia:

γ_t = peso di volume naturale;

φ' = angolo di attrito operativo;

c' = intercetta di coesione operativa;

φ_r = angolo di attrito residuo;

c_r = intercetta di coesione residua;

E' = modulo di Young “operativo”; * = si considerano valori nel range per gallerie, fronti di scavo sostenuti con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

ν' = rapporto di Poisson.

Plutoniti

Le evidenze di affioramento e di sondaggio consentono di ritenere determinante, ai fini della caratterizzazione geomeccanica dell’ammasso roccioso, la presenza di una fratturazione, a luoghi molto intensa legata alla coesistenza di più sistemi di discontinuità che, tuttavia, non conferiscono all’ammasso una spiccata anisotropia.

Il modello utilizzato per la determinazione dei parametri di resistenza al taglio è un continuo equivalente.

L’interpretazione delle caratteristiche dell’ammasso parte dalla stima del parametro RMR_{89} che è stato valutato sulla base di 15 rilievi geostrutturali effettuati sugli affioramenti.

Il parametro GSI è quindi mediamente pari a 35-40.

I risultati che si otterrebbero, per $GSI = 35$ sono riportati nella tabella, sia per le condizioni di resistenza di picco (“undisturbed rock mass”) che per le condizioni di resistenza residua (“disturbed rock mass”) per tensioni normali corrispondenti a profondità massime di circa 20m.

Plutoniti IV classe		Picco		Residuo	
GSI	copertura (m)	c' (MPa)	φ' (°)	c' (MPa)	φ' (°)
35	20	0.21	50	0.15	36
35	30	0.29	46	0.20	32
35	40	0.36	44	0.25	29
35	50	0.42	42	0.29	27
35	60	0.49	40	0.34	25
35	70	0.55	38	0.38	24

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale	<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0

Tabella 4

In contesti non caratterizzati da rotture pregresse o in atto e per analisi convenzionali in cui non venga simulato il decadimento della resistenza si potranno considerare come valori operativi quelli rappresentati dai valori medi tra quelli “undisturbed” e “disturbed” oppure cautelativamente prossimi a quelli “disturbed”.

In contesti caratterizzati da rotture pregresse o in atto e per analisi convenzionali potranno considerarsi come valori operativi quelli rappresentati dai valori “disturbed”.

Per le zone tettonizzate o alterate si assume GSI=20 (classe IV-V RMR) e quindi si ottiene:

Plutoniti		Picco		Residuo	
V classe (faglie)		c' (MPa)	ϕ' (°)	c' (MPa)	ϕ' (°)
GSI	copertura (m)				
20	20	0.18	44	0.11	26
20	30	0.24	40	0.15	22
20	40	0.30	37	0.19	20
20	50	0.36	35	0.22	18
20	60	0.41	33	0.25	17
20	70	0.46	32	0.28	16

Tabella 5

Nella tabella seguente vengono riassunti i parametri medi caratteristici:

GRUPPI GEOMECCANICI – FORMAZIONE DELLE PLUTONITI					
DATO	CARAT. GEOT. GENERALE	CL IV/GR1 Z=60 ÷ 200m Alte coperture	CL IV/GR2 Z=0 ÷ 50m Basse coperture	CL V/GR1 Z=60 ÷ 100m Alte cop.-faglie/zona di contatto	CL V/GR2 Z=0 ÷ 50m Basse cop.-faglie/zona di contatto
γ (kN/m ³)	21÷23	21÷23	21÷23	21÷23	21÷23
c' _{picco} (kPa)	v. Tabella 4 e Tabella 5	360-550	200-360	300-460	180-300
ϕ' _{picco} (°)	v. Tabella 4 e Tabella 5	38-42	38-44	32-38	37-44
C _r ' (kPa)	v. Tabella 4 e Tabella 5	290-440	160-290	240-370	140-240
ϕ' (°)	v. Tabella 4 e Tabella 5	20-28	20-28	16-24	16-24
E' * (Mpa)	E'=250 ÷ 500 Mpa in ammassi di classe IV-V RMR (faglie) e nei primi 10m di profondità	850-1500	500-850	500	350-500

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	E'=500 ÷ 700 Mpa in ammassi di classe IV-V RMR (faglie) e nei primi 10-35m di profondità				
	E'=1000 ÷ 1500 Mpa per profondità maggiori				
v' (-)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
K(m/s)	10 ⁻⁷ ÷10 ⁻⁸	10 ⁻⁷ ÷10 ⁻⁸	10 ⁻⁷ ÷10 ⁻⁸	10 ⁻⁷ ÷10 ⁻⁸	10 ⁻⁷ ÷10 ⁻⁸

Simbologia:

γ_t = peso di volume naturale;

ϕ' = angolo di attrito operativo;

c' = intercetta di coesione operativa;

ϕ^r = angolo di attrito residuo;

c^r = intercetta di coesione residua;

E' = modulo di Young "operativo"; * = si considerano valori nel range per gallerie, fronti di scavo sostenuti con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

ν' = rapporto di Poisson.

Trubi

Sono caratterizzati da marne, marne argillose e marne siltose di colore bianco-giallastro, a frattura concoide, localmente con abbondanti livelli sabbiosi fini di colore grigio chiaro.

Lo spessore massimo in affioramento è stato valutato nell'ordine di 20m; in alcuni sondaggi sono stati raggiunti spessori fino a 30-40m.

L'approccio di caratterizzazione, sia per quanto riguarda la determinazione dei parametri di resistenza che per quanto riguarda le caratteristiche di deformabilità, tratta i materiali con le metodologie degli ammassi rocciosi (modello continuo). Sono stati comunque confrontati i parametri con quanto desunto da alcune prove effettuate sia in sito che in laboratorio, interpretando queste ultime con criteri propri dei terreni coesivi a grana fine.

Nella tabella seguente vengono riassunti i parametri medi caratteristici:

GRUPPI GEOMECCANICI – TRUBI		
DATO	CARAT. GEOT. GENERALE	GRUPPO 1
γ (kN/m ³)	20÷22	21

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

c' piccolo (kPa)	35-90	18
φ' piccolo (°)	27°-22°	24
C_{cv}' (kPa)	0	14
φ_{cv}' (°)	25°-27°	19
E' *	130÷220 MPa 200-700 MPa (porzione massiva)	180 MPa
v' (-)	0.2	0.2
K(m/s)	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷

Simbologia:

γ_t = peso di volume naturale;

ϕ' = angolo di attrito operativo;

c' = intercetta di coesione operativa;

ϕ_r' = angolo di attrito residuo;

c_r' = intercetta di coesione residua;

E' = modulo di Young "operativo"; * = si considerano valori nel range per gallerie, fronti di scavo sostenuti con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

ν' = rapporto di Poisson.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6 Previsioni sul comportamento degli ammassi rocciosi allo scavo e metodi di calcolo

L'apertura di una cavità in un materiale caratterizzato da un campo di tensioni naturali preesistente indisturbato, dovuto essenzialmente a carichi litostatici e a sforzi tettonici, porta ad una generale ridistribuzione degli sforzi, sia in direzione trasversale che longitudinale, con conseguente incremento delle tensioni al contorno della galleria e già oltre il fronte di scavo.

Si genera così un nuovo campo tensionale che tende a far evolvere l'ammasso intorno al cavo verso una nuova situazione di equilibrio diversa da quella naturale, dando luogo a fenomeni deformativi.

Sulla base delle conoscenze dei terreni interessati dalle gallerie, è possibile, elaborando anche le esperienze maturate in lavori analoghi, svolgere delle previsioni sul comportamento dei terreni allo scavo, necessarie alla definizione degli interventi di stabilizzazione e degli schemi di avanzamento. Queste previsioni sono strettamente connesse con lo studio dello stato tenso-deformativo instauratosi nell'ammasso al contorno della galleria e indotto dalle operazioni di scavo.

La sequenza delle varie fasi progettuali può essere di seguito riassunta nelle quattro seguenti tappe fondamentali:

Fase conoscitiva che consente, attraverso un'analisi dettagliata ed un esame critico dei dati disponibili, una preliminare caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso interessato dallo scavo;

Fase di diagnosi nella quale, utilizzando il metodo delle "linee caratteristiche", analizzando i differenti gruppi geomeccanici individuati nella fase conoscitiva ed in base ai differenti valori di copertura, si individuano delle classi di comportamento, considerando quale elemento centrale per l'analisi, la stabilità del fronte di scavo (approccio ADECO-RS):

- caso "A", fronte stabile,
- caso "B" fronte stabile a breve termine,
- caso "C" fronte instabile;

Fase di terapia che consente, successivamente all'individuazione delle categorie di comportamento, la definizione degli interventi progettuali più idonei da mettere in atto per garantire la stabilità globale della cavità nel breve e nel lungo termine. In questa fase sono svolte, per la verifica del comportamento del terreno allo scavo a seguito degli interventi di consolidamento e supporto previsti e per la determinazione degli stati tenso-deformativi indotti nelle strutture, analisi sia mediante il metodo delle "linee caratteristiche", sia utilizzando modelli numerici agli elementi

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

finiti per le sezioni di scavo ritenute maggiormente significative;

Fase di controllo ove sono forniti, per ciascuna sezione tipo, dei valori limite di deformazione e delle linee guida per l'applicazione delle stesse sezioni.

Si vuole inoltre sottolineare che la progettazione e il dimensionamento degli interventi di preconsolidamento al fronte deve tenere conto dei seguenti aspetti:

- 1- Garantire la condizione di stabilità globale del fronte, verificate mediante metodi all'equilibrio limite. Tale aspetto risulta in genere dimensionante per le basse coperture, alle quali le analisi analitiche del comportamento deformativo del cavo e del fronte (Teoria delle Linee Caratteristiche) non sono applicabili, venendo meno le condizioni di stato tensionale isotropo in mezzo omogeneo;
- 2- Garantire il controllo deformativo del cavo e del fronte, legato a sua volta all'estensione del raggio plastico. Tale aspetto viene tenuto in debito conto nelle analisi analitiche sviluppate nella fase di terapia mediante il metodo delle Linee caratteristiche.
- 3- Verifiche locali di stabilità correlabili in prima approssimazione alla "densità di intervento", intesa come numero di consolidamenti rapportato alla superficie di scavo. I valori limite superiori ed inferiori di densità dipendono dalla tipologia di consolidamento, dalle caratteristiche dell'ammasso e da considerazioni legate all'esperienza in contesti simili.

6.1 Importanza del fronte di scavo

La valutazione di come si evolve lo stato tensionale a seguito dell'apertura di una galleria è possibile solo attraverso l'attenta analisi dei fenomeni deformativi in quanto essi ci possono dare indicazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine.

In particolare, l'elemento centrale per l'analisi dell'evoluzione dei fenomeni deformativi al contorno del cavo, attraverso la quale è possibile valutare la stabilità della galleria, è il comportamento del fronte di scavo.

Tale comportamento è condizionato da:

- le caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'ammasso connesse con le varie strutture geologiche che interessano le gallerie;
- i carichi litostatici corrispondenti alle coperture in gioco;
- la forma e le dimensioni della sezione di scavo;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- lo schema di avanzamento.

Il comportamento del fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente di tre tipi: stabile, stabile a breve termine e instabile.

6.1.1 Gallerie a fronte stabile (CASO A)

Se il fronte di scavo è stabile, ciò significa che lo stato tensionale al contorno della cavità si mantiene in campo elastico e i fenomeni deformativi osservabili sono di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente.

In questo caso anche il comportamento del cavo sarà stabile (rimanendo in campo elastico) e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di consolidamento, se non localizzati e in misura molto ridotta; il rivestimento definitivo costituirà allora il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

6.1.2 Gallerie a fronte stabile a breve termine (CASO B)

Questa condizione si verifica quando lo stato tensionale indotto dall'apertura della cavità supera le caratteristiche di resistenza meccanica del materiale al fronte, che in tal modo non può più avere un comportamento di tipo elastico, ed assume un comportamento di tipo elasto-plastico.

I fenomeni deformativi connessi con tale redistribuzione delle tensioni sono più accentuati che nel caso precedente e producono nell'ammasso roccioso al fronte una decompressione che porta ad una riduzione della resistenza interna causata dal fatto che localmente viene superata la resistenza di picco.

Questa decompressione può essere opportunamente controllata e regimata con adeguati interventi di preconsolidamento al fronte e/o di consolidamento al contorno del cavo. In tal caso verrà fornito l'opportuno contenimento all'ammasso che potrà così essere condotto verso la stabilità, ed il rivestimento definitivo costituirà il margine di sicurezza a lungo termine.

In caso contrario lo stato tenso-deformativo potrà evolvere verso situazioni d'instabilità del cavo.

6.1.3 Gallerie a fronte instabile (CASO C)

L'instabilità progressiva del fronte di scavo è attribuibile ad una accentuazione dei fenomeni deformativi nel campo plastico, che risultano immediati e più rilevanti manifestandosi già prima ancora che avvenga lo scavo, oltre il fronte stesso. Di conseguenza tali deformazioni producono

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

una decompressione più spinta nell'ammasso roccioso al fronte e portano ad un decadimento rapido e progressivo delle caratteristiche meccaniche d'ammasso, provocando in tal modo la mobilitazione della resistenza di fasce di terreno concentriche alla galleria e sempre più esterne, a scapito di ulteriori deformazioni inducendo quindi forme di instabilità irreversibili fino a causare il crollo della galleria.

Questo tipo di decompressione più accentuata deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo e richiede pertanto interventi di preconsolidamento sistematici in avanzamento che consentiranno di creare artificialmente quell'effetto arco capace di evolvere la situazione verso configurazioni di equilibrio stabile.

6.2 Calcolo delle categorie di comportamento allo scavo

Il comportamento dell'ammasso allo scavo, per ognuno dei gruppi a caratteristiche geomeccaniche omogenee individuati, può essere determinato in funzione dei carichi litostatici dovuti alle differenti coperture riscontrate lungo il tracciato.

Per ogni singolo gruppo sarà quindi possibile ottenere diverse classi di comportamento allo scavo in funzione delle diverse coperture in gioco (Fase di diagnosi).

E' di tutta evidenza che si dovrà tenere conto e valutare, nel corso dello scavo delle gallerie naturali, dell'extrascavo/extraprofilo e dello sfrido di spritz-beton come diretta conseguenza sia delle caratteristiche geostutturali e geomeccaniche delle formazioni presenti che della metodologia di avanzamento adottata.

Nella fase successiva di terapia, in cui si definiscono gli interventi necessari per l'avanzamento nelle diverse classi di comportamento, è necessario considerare le condizioni geologiche puntuali: quindi ad una stessa classe di comportamento corrispondono diverse sezioni tipo, adeguate alle caratteristiche geologiche e fisiche di ogni formazione.

Per la determinazione del comportamento dell'ammasso allo scavo è stato utilizzato il "metodo delle linee caratteristiche" (per i risultati e i dettagli sul metodo vedi "Relazione di calcolo").

Per i passaggi singolari e per le sezioni di scavo maggiormente significative sono state condotte analisi numeriche agli elementi finiti, per i cui dettagli si rimanda alla Relazione di Calcolo.

6.2.1 Linee caratteristiche della cavità

Per linee caratteristiche di una cavità si intendono delle curve che legano le pressioni di contenimento, esercitate in senso radiale sul bordo della galleria dalle opere di stabilizzazione e di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

rivestimento, agli spostamenti radiali al suo contorno (convergenze).

Esse possono quindi essere utilizzate, oltre che per valutare il comportamento dell'ammasso allo scavo, anche per determinare lo stato di sollecitazione sui diversi interventi costituenti la galleria, mediante la sovrapposizione degli effetti delle linee caratteristiche della cavità e dei singoli interventi che la costituiscono.

Per ogni galleria è possibile costruire due linee caratteristiche principali:

- quella valida presso il fronte di scavo, detta linea caratteristica del fronte, che tiene conto dell'effetto tridimensionale delle tensioni vicino ad esso e che permette di risalire, mediante considerazioni sulla resistenza del nucleo, all'entità della convergenza già subita dalla galleria nella sezione in corrispondenza al fronte di scavo;
- quella valida per qualsiasi sezione sufficientemente lontana dal fronte, detta linea caratteristica della cavità, per la quale lo stato di tensione può considerarsi piano.

In generale, ove la linea caratteristica non intersechi in un valore finito l'asse delle deformazioni radiali, la galleria risulta instabile senza adeguati interventi di stabilizzazione.

In virtù dei sistemi di avanzamento proposti, volti a conservare le caratteristiche meccaniche del terreno indisturbato, limitando al minimo il rimaneggiamento e l'alterazione dello stesso conseguente alle operazioni di scavo, diviene estremamente importante sapere quanto il terreno è effettivamente in grado di incassare nelle sue condizioni naturali e indisturbate, prima di giungere alla rottura.

La conoscenza delle caratteristiche di resistenza al taglio del terreno nelle sue condizioni naturali è indispensabile per determinare con discreta accuratezza il contributo al contenimento del cavo che i vari interventi adottati saranno in grado di fornire.

Il discorso così impostato sulla sensibilità del terreno dovrà essere poi allargato per mettere in conto anche l'eterogeneità strutturale dell'ammasso, che in rapporto alle coperture in gioco, è determinante nella parametrizzazione geotecnica dell'ammasso.

Non essendo realmente praticabile l'ipotesi di una perfetta conoscenza delle condizioni del terreno ad ogni avanzamento è stato necessario individuare, anche facendo ipotesi di lavoro sulla base ad esperienze maturate in casi analoghi, condizioni geotecniche standard sulle quali svolgere i calcoli.

Si precisa inoltre che i calcoli svolti fanno riferimento a condizioni puramente statiche, considerando il consolidamento del fronte come un irrigidimento del nucleo e non come uno

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

strumento di stabilizzazione del paramento, che pertanto rimane pur sempre una fonte di pericolo da tenere costantemente sotto controllo, evitando che le maestranze permangano entro il suo raggio di azione in particolare durante le operazioni di scavo.

Infatti quando il fronte è assoggettato all'opera di demolizione si vanno a modificare le condizioni iniziali, che quindi in tale contesto perdono la loro validità anche a prescindere dalla stabilità dimostrata dal fronte prima della sua demolizione.

6.2.2 Categorie di comportamento

Nel presente capitolo verranno definiti gli interventi di preconsolidamento, consolidamento e rivestimento nonché le relative fasi operative, da adottare durante la realizzazione delle gallerie e necessari a garantire la stabilità del cavo nel breve e nel lungo termine.

Gli interventi di stabilizzazione e di rivestimento di 1^a fase previsti verranno adeguati e tarati in corso d'opera sulla base dei rilievi geologico-geostrutturali del fronte di scavo e del comportamento deformativo del fronte (estrusioni) e del cavo (convergenze).

Sono stati definiti tre tipi di comportamento dell'ammasso allo scavo, che prevedono l'impiego di opportuni interventi scelti in base alle caratteristiche geologiche e fisiche dei terreni interessati dagli scavi, determinando così la scelta delle sezioni tipo più adatte:

CASO A) fronte stabile:

I fenomeni deformativi avvengono in campo elastico; il materiale ha comportamento di tipo lapideo per cui si possono ipotizzare locali fenomeni di instabilità al contorno riconducibili per lo più al distacco gravitativo di blocchi o volumi rocciosi, individuati dall'intreccio di superfici di discontinuità preesistenti nell'ammasso oppure create dai fenomeni di distensione prodotti dalle modalità di scavo. Il probabile comportamento allo scavo tipo A, "a fronte stabile", consente di prevedere, quali interventi di prima fase, interventi di solo contenimento del cavo, quale la realizzazione di uno strato di spritz-beton a seguito della messa in opera di bulloni radiali o centine, in funzione del grado di discontinuità dell'ammasso. I carichi gravanti sulla struttura in questi contesti geomeccanici sono prevalentemente di tipo gravitativo, funzione della frequenza dei giunti e delle fratture ed in particolare modo della resistenza al taglio delle superfici di discontinuità. Il rilascio di tali solidi di carico, in categorie di comportamento tipo A, non avviene generalmente all'apertura del cavo, bensì in un secondo tempo quale conseguenza del richiamo di umidità al contorno dello scavo, della circolazione d'acqua nelle fratture, dall'alterazione della roccia a contatto con gli agenti atmosferici, nonché dalle sollecitazioni

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dinamiche conseguenti alle vibrazioni prodotte durante le operazioni di scavo con esplosivo.

E' pertanto opportuno stabilizzare i suddetti cunei mediante la messa in opera di bulloni metallici radiali di tipo passivo, ad ancoraggio puntuale in presenza di modesti gradi di separazione d'ammasso, o ad ancoraggio continuo per gradi di separazione maggiori, e realizzare un guscio di spritz-beton a protezione della superficie di scavo ed a contenimento del cavo.

CASO B) fronte stabile a breve termine:

Si possono ipotizzare fenomeni di instabilità più o meno diffusi al contorno del cavo, dovuti alla plasticizzazione dell'ammasso roccioso e conseguenti fenomeni deformativi (convergenze radiali) di ordine centimetrico.

Tali deformazioni, se non regimate mediante opportuni e tempestivi interventi di preconsolidamento e/o di consolidamento, possono innescare decompressioni progressivamente crescenti all'interno dell'ammasso roccioso, sviluppando di conseguenza carichi maggiori sia nel breve termine che nel lungo termine.

Come interventi di preconsolidamento si possono utilizzare:

- chiodi in vetroresina al fronte per aumentare le caratteristiche di resistenza del nucleo;
- drenaggi al contorno in caso di presenza d'acqua per lo scarico delle pressioni interstiziali.

Gli interventi di consolidamento lungo la cavità consistono principalmente in:

- prerivestimento costituito da spritz-beton;
- centine metalliche.

Questi interventi di preconsolidamento e consolidamento concorreranno a formare diverse sezioni tipo (descritti in seguito) che si differenziano tra di loro in funzione delle formazioni geologiche incontrate.

CASO C) fronte instabile:

I fenomeni deformativi, in assenza di interventi, sono di entità maggiore rispetto al caso precedente, fino ad arrivare alla rottura e al collasso del cavo, legata all'instabilità del fronte di scavo. Perché si possa realizzare l'avanzamento in galleria, senza innescare fenomeni

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

deformativi incontrollabili, è indispensabile operare "preconsolidamenti" lanciati oltre il fronte di scavo, che garantiscano sia la tenuta del fronte stesso che quella della fascia di terreno perimetrale al cavo.

Questi preconsolidamenti possono essere di diversa natura, in funzione delle differenti caratteristiche geologiche delle formazioni attraversate lungo il tracciato:

- jet-grouting sub-orizzontale;
- anello consolidato da iniezioni cementizie;
- chiodi in vetroresina al fronte;
- drenaggi

Sono inoltre necessari interventi di consolidamento al contorno del cavo in modo da fornire il necessario contenimento nel breve termine. Questi interventi possono essere: rivestimento di 1^a fase con spritz-beton e centine metalliche.

In previsione di un comportamento tipo C, al fine di effettuare un controllo dello stato deformativo al fronte, appare consigliabile l'esecuzione di un preconsolidamento sistematico del fronte mediante elementi strutturali o tubi in vetroresina ad aderenza migliorata, tali da irrigidire il nucleo di scavo e ridurre i valori di estrusione del fronte e conseguentemente di preconvergenza del cavo. Tale operazione consentirebbe di mantenere le proprietà del materiale prossime alle condizioni di picco, o al limite di ridurre il decadimento. Le deformazioni al fronte si traducono infatti in decompressione al contorno del cavo con decremento della resistenza d'ammasso e incremento delle spinte sui priverestimenti.

In presenza di comportamento tipo C si renderà inoltre necessaria la messa in opera di consolidamenti anche al contorno della sezione di scavo, sempre in elementi o tubi in vetroresina, così da determinare un arco di scarico che faciliti l'incanalamento degli sforzi ai lati del cavo e che nel contempo ne riduca l'entità.

In zone con significative presenze d'acqua, il trattamento al contorno è preferibile venga realizzato con iniezioni in pressione, così da impermeabilizzare la sezione, evitare fenomeni di filtrazione e ridurre il decadimento dell'ammasso prossimo agli scavi.

Andrà inoltre prevista la realizzazione dei priverestimenti a seguito di ogni singolo sfondo di avanzamento, mediante posa in opera di centine metalliche ed un congruo strato di spritz-beton. Sempre per la categoria di comportamento C occorre inoltre prevedere la possibilità di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

stabilizzare, a breve distanza dal fronte, il piede della centina, mediante il getto contemporaneo di arco rovescio e murette a 1-2 diametri dal fronte di scavo.

6.3 Analisi di Stabilità del fronte

A partire dai parametri geotecnici e geomeccanici di caratterizzazione dei materiali interessati dallo scavo delle gallerie è doveroso effettuare analisi della risposta dell'ammasso roccioso allo scavo. Tali analisi di stabilità del fronte di scavo sono eseguibili mediante l'applicazione di criteri semiempirici e delle linee caratteristiche.

Si intende per instabilità del fronte la possibilità di collasso del nucleo. Al fronte l'ammasso subisce una forte decompressione verso la galleria con conseguente estrusione del materiale che costituisce il nucleo. Fintanto che si ammetta la presenza di un sufficiente sostegno radiale immediatamente a tergo del fronte, l'estrusione del nucleo costituisce l'unico elemento critico nel sistema. La deviazione verso l'esterno delle tensioni longitudinali lungo l'asse della galleria, dalla situazione naturale (non scavata) alla situazione equilibrata dello scavo sostenuto, provoca un particolare stato tensionale del nucleo. Esso subisce, infatti, una compressione radiale che, sommandosi all'assenza di un sufficiente contenimento verso lo scavo, ne può provocare il collasso similmente alla rottura di tipo passivo che si verifica in una cella triassiale con la diminuzione della tensione assiale lasciando invariata la compressione radiale.

Le analisi di stabilità del fronte sono state svolte alle basse coperture mediante l'impiego di metodi analitici semplificati all'equilibrio limite, mentre, per alte coperture, la verifica è stata svolta mediante il metodo delle linee caratteristiche, inteso come controllo tenso-deformativo del fronte e del contorno.

Per casi di basse coperture (inferiori ai 3ϕ) si fa riferimento alle teorie di Tamez e Cornejo che ipotizzano che esistano dei prismi di terreno in distacco secondo sezioni longitudinali, giungendo a definire un coefficiente di sicurezza FSF nei confronti della stabilità del fronte di scavo. Tali metodi consentono inoltre di tenere in conto degli interventi di preconsolidamento assumendo per il terreno trattate caratteristiche meccaniche incrementate rispetto a quelle del terreno naturale.

Si riporta nel seguito una breve sintesi di riepilogo del metodo adottato.

Il metodo dell'equilibrio limite proposto da Tamez tiene conto della riduzione dello stato di confinamento triassiale del nucleo di terreno oltre il fronte per mezzo di un meccanismo di rottura del tipo effetto volta, con il quale il volume di terreno gravante sulla corona della galleria è definito da un paraboloide, approssimato mediante tre solidi prismatici, come illustrato nelle figure seguenti.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

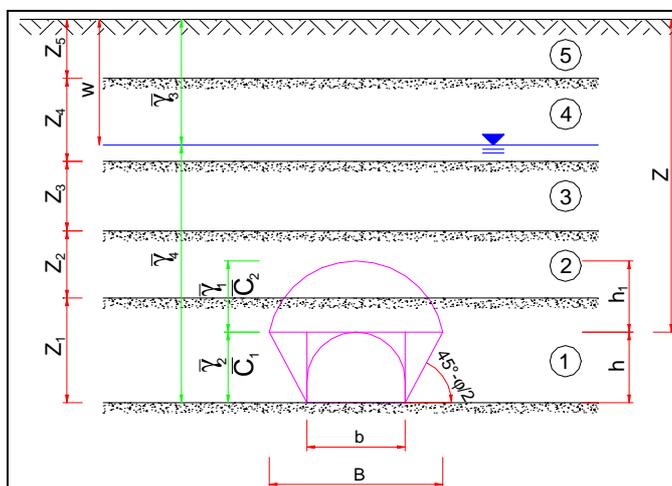


Figura 31 – Schema proposto da Tamez.

In questo modo si determinano le massime tensioni tangenziali che si possono sviluppare sulle facce di ogni prisma senza che avvengano scorrimenti (forze resistenti) e le forze di massa di ogni prisma (forze agenti). Il rapporto tra i momenti delle forze resistenti e delle forze agenti fornisce un coefficiente di sicurezza, denominato FSF (face security factor).

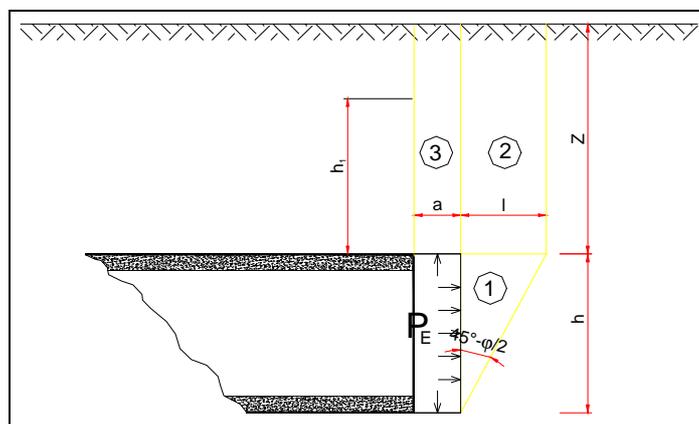


Figura 32 – Schema proposto da Tamez.

Anche per le analisi con il metodo dell'equilibrio limite è possibile tener conto di eventuali interventi di preconsolidamento del fronte mediante un approccio del tutto analogo a quanto illustrato per le linee caratteristiche.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6.4 Analisi delle subsidenze e valutazione dei danni indotti sui fabbricati

Allo scopo di esaminare il comportamento deformativo dei terreni, ossia l'entità dei cedimenti e delle distorsioni indotti dagli scavi, è stata condotta un'analisi del potenziale rischio di interferenze con le pre-esistenze, in termini di possibili risentimenti sui fabbricati limitrofi al tracciato indotti da cedimenti provocati a piano campagna dallo scavo della futura galleria. Quali elementi di valutazione sono state considerate la "pericolosità", intesa come la possibilità che il cedimento si manifesti, la "intensità", cioè la severità geometrica del fenomeno, e la "vulnerabilità" in quanto effetto che potrebbe essere indotto sui diversi fabbricati in relazione alle caratteristiche geometriche/strutturali ed alle loro posizioni rispetto ai bacini di subsidenza previsti. Le valutazioni in merito all'intensità dei cedimenti previsti sono state condotte con riferimento ai cosiddetti "metodi empirici".

Tali metodi, estesamente discussi e descritti in letteratura (Peck 1969, Attewell e Fermer, 1974; Attewell, 1977; O'Reilly e New 1982), sono basati sull'osservazione sperimentale di opere già eseguite e si sono dimostrati sufficientemente cautelativi ed attendibili in contesti analoghi a quello in esame.

Determinato il regime di cedimenti indotto dallo scavo delle future gallerie e valutate le deformazioni associabili agli stessi, si è proceduto ad individuare l'effetto indotto sui fabbricati mediante il calcolo delle categorie di danno secondo quanto riportato in letteratura (Mair e Taylor e Burland, 1996). Secondo tali approcci, la categoria di danno è correlata con la deformazione unitaria massima di allungamento ϵ_{max} . Per i singoli edifici analizzati, sulla base della deformazione massima di trazione ϵ_{max} e del relativo bacino di subsidenza, è stato possibile associare ad un valore di volume perso V_p (definito sulla base di contesti analoghi e tarato in relazione alle analisi numeriche) un determinato valore del parametro "categoria di danno" secondo quanto esposto nelle tabelle di sintesi riportate in letteratura (Boscardin e Cording, 1989), ottenendo così una prima valutazione delle situazioni di rischio.

Il metodo di calcolo adottato per la valutazione della subsidenza indotta dallo scavo e dei possibili danni indotti sui fabbricati si struttura sinteticamente nel seguente modo:

- **FASE 0:** Valutazione progettuale del quadro deformativo indotto dallo scavo delle gallerie. Tale valutazione progettuale porta alla definizione del probabile bacino di subsidenza (condizione di *greenfield*) con ipotesi di variabilità del Volume perso $V_p = 0.5/1.0/1.5/2.0\%$ e parametro k , dipendente dal tipo di terreno, variabile tra 0.2 e 0.6.
- **FASE 1A:** Raccolta dei dati di input relativi agli edifici interessati dal bacino di subsidenza

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

indotto dallo scavo ottenuti dagli elaborati grafici (sezioni e planimetrie di progetto) e dalle relative schede di censimento.

- **FASE 1B:** Analisi preliminare dei dati attraverso un procedimento sviluppato sulla base di numerose esperienze in vera grandezza (Burland, 1995; Mair, Taylor, Burland, 1996); tale procedimento permette di stimare i cedimenti indotti allo scavo delle singole gallerie, o quelli indotti dallo scavo di entrambe le gallerie sovrapponendone gli effetti, e da questi di definire delle categorie di danno correlato. In questa fase si ipotizza una variabilità del Volume perso $V_p=1.0-1.5\%$ e parametro k pari a 0.3.
- **FASE 2:** Individuazione degli edifici aventi categoria di danno maggiore di un certo valore definito a priori e, a valle degli studi di approfondimento condotti sugli edifici, definizione di eventuali interventi di massima per il controllo e la mitigazione dei cedimenti indotti dallo scavo.

6.4.1 Analisi del quadro deformativo indotto dallo scavo delle gallerie

Le valutazioni in merito all'intensità dei cedimenti previsti sono state condotte con riferimento ai cosiddetti "metodi empirici".

I metodi empirici si basano sull'osservazione sperimentale dei bacini di subsidenza di opere già eseguite ed aventi una notevolissima bibliografia in merito (Peck 1969, Attewell e Fermer 1974; Attwell 1977; Attwell & Woodman 1982; O'Reilly e New 1982; Rankin 1987; Shirlaw e Doran, 1988). Le correlazioni che sono state dedotte consentono di valutare la distribuzione spaziale, l'ampiezza e l'evoluzione delle subsidenze sulla base di parametri di semplice determinazione.

Definiti quindi i parametri geometrici della galleria e le caratteristiche del terreno attraversato è possibile individuare i profili di subsidenza trasversale.

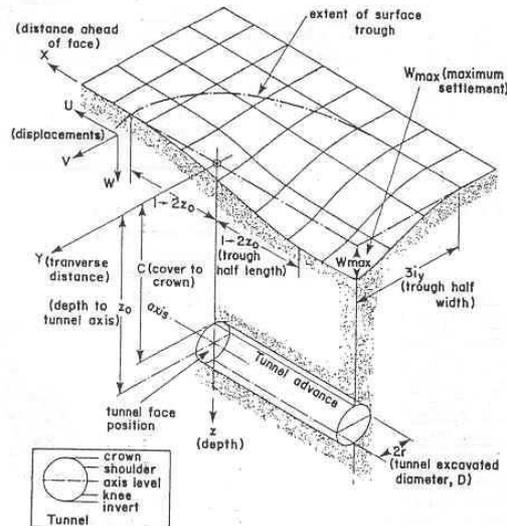


Fig. 33 - Curva di subsidenza

L'involuppo della zona interessata dalle deformazioni è quindi funzione della distanza dall'asse verticale della galleria e dipende dalle dimensioni della galleria stessa, dalla sua quota, dal volume perso, dai parametri di resistenza-deformabilità del terreno attraversato.

Gli andamenti della curva di subsidenza in direzione trasversale rispetto all'asse di una galleria sono ben rappresentabili da una funzione normale di probabilità di tipo gaussiano, caratterizzata da due parametri: il cedimento massimo S_{max} (in corrispondenza dell'asse della galleria) e la distanza i tra l'asse della galleria ed il punto di flesso della curva, da cui dipende la larghezza della conca.

La funzione di subsidenza può quindi essere espressa dalla relazione:

$$S(x) = S_{max} \cdot e^{-\left(\frac{y^2}{2i^2}\right)} \quad (1)$$

dove $S(x)$ è il generico spostamento verticale a distanza y dall'asse della galleria, S_{max} è lo spostamento massimo (ad $y = 0$) ed i rappresenta la deviazione standard della curva.

Il volume totale della conca di subsidenza per unità di lunghezza della galleria V_s può essere ottenuto dall'integrazione della (1) e risulta essere pari a:

$$V_s = \sqrt{2\pi} \cdot i \cdot S_{max} \cong 2.5 \cdot i \cdot S_{max} \quad (2)$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La grandezza S_{max} può essere quindi ricavata stabilendo a priori il valore di V_s atteso:

$$S_{max} = \frac{V_s}{2.5 \cdot i} \quad (3)$$

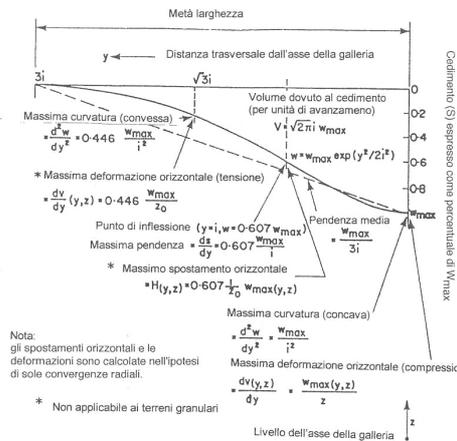


Fig. 34 - Profilo trasversale di subsidenza

Il valore del volume della conca V_s viene assunto pari al volume perduto allo scavo, ovvero come una percentuale del volume scavato V_{exc} .

Per la valutazione del parametro i , questo dipende dalla tipologia del terreno e dalla profondità della galleria; in accordo con quanto proposto da O'Reilly e New (1991), per valori della copertura maggiori del diametro della galleria, si ha una relazione lineare tra larghezza della conca e profondità della galleria, con coefficiente diverso a seconda del tipo di terreno:

$$i = k \cdot Z \quad (4)$$

dove Z è la profondità della galleria e k è un coefficiente che dipende dal tipo di terreno.

6.4.2 Deformazioni indotte sui fabbricati e analisi di rischio

Per la definizione delle deformazioni indotte si considera di appoggiare la trave equivalente all'edificio sulla deformata "green-field". Il bacino di subsidenza viene limitato ad una fascia compresa tra $+2.5i$ e $-2.5i$ (i = distanza fra il punto di flesso della curva e l'asse della galleria) posta a cavallo dell'asse della galleria ne derivano le seguenti assunzioni:

- gli spostamenti orizzontali e verticali di punti esterni ai limiti del bacino sono nulli;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- la porzione di edificio interessata dalle deformazioni è quella compresa tra i suddetti estremi.

La nuova configurazione della trave (equivalente all'edificio) implica la mobilitazione di sollecitazioni flessionali e di taglio e corrispondenti deformazioni. Le deformazioni indotte si calcolano mediante le seguenti equazioni:

$$\varepsilon_f = \frac{\Delta/L_i}{\left[\frac{L_i}{12t} + \frac{3IE}{2tL_iHG} \right]}$$

$$\varepsilon_t = \frac{\Delta/L_i}{\left[1 + \frac{HL_i^2G}{18IE} \right]}$$

dove:

ε_f = deformazione flessionale

ε_t = deformazione di taglio

Δ/L_i = rapporto di inflessione (si veda la **Figura 35**)

L_i = porzione ($\leq L$ = lunghezza edificio) di edificio ricadente nella zona analizzata

I = modulo di inerzia ($H^3/12$ in zona sagging ; $H^3/3$ in zona hogging)

E/G = rapporto tra il modulo di elasticità longitudinale e tangenziale (12.5 per fabbricati in c.a. e 2.6 per fabbricati in muratura)

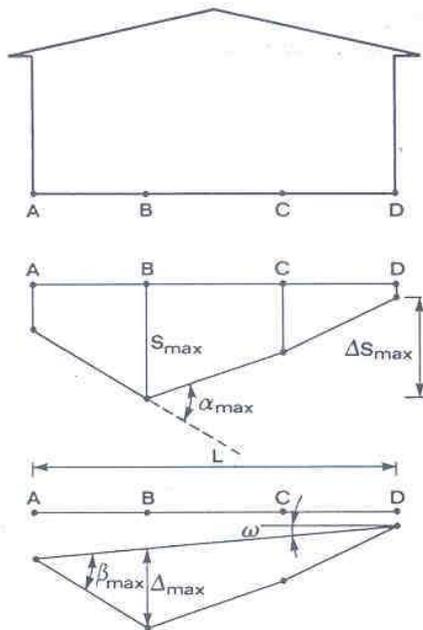
t = distanza dell'asse neutro dal bordo teso della trave ($H/2$ in zona sagging; H in zona di hogging)

I campi di deformazione vengono composti, per ogni campo deformativo (hogging a dx – sagging – hogging a sx), secondo le seguenti equazione:

$$\varepsilon_{totale} = \varepsilon_y + \varepsilon_f \quad (\text{condizione di flessione})$$

$$\varepsilon_{totale} = 0.35 \cdot \varepsilon_y + \left[(0.65 \cdot \varepsilon_y)^2 + \varepsilon_t^2 \right]^{0.5} \quad (\text{condizione di taglio, } \nu = 0.3)$$

In zona di “hogging” le deformazioni indotte dai cedimenti verticali (deformazioni in estensione) si sommano alle deformazioni indotte dagli spostamenti orizzontali (deformazioni in estensione), mentre in zona di “sagging” alle deformazioni indotte dai cedimenti verticali (deformazioni in estensione) si sottraggono le deformazioni indotte dagli spostamenti orizzontali (deformazioni in compressione).



S= CEDIMENTO ω = ROTAZIONE RIGIDA
 ΔS = CEDIMENTO DIFFERENZIALE
 β = ROTAZIONE RELATIVA
 α = DEFORMAZIONE ANGOLARE
 Δ = INFLESSIONE
 Δ/L = RAPPORTO DI INFLESSIONE
 (CURVATURA)

Figura 35: Rapporto di inflessione

Il sistema di classificazione del danno indotto sulle strutture è basato sulla “facilità di riparazione” di quanto visibile, prendendo in considerazione alcuni aspetti quali l’apertura delle fessure, l’inclinazione, i danni ai servizi. Al fine di stabilire le ripercussioni degli scavi sulle preesistenze in superficie, risulta importante individuare i valori limite di spostamento e distorsione.

Oltre al cedimento massimo, un parametro molto significativo per la valutazione dei danni a fabbricati e manufatti, è la “distorsione angolare” fra due punti dell’edificio/manufatto, essendo principalmente il cedimento differenziale la causa dell’insorgere di lesioni e rotture.

Al riguardo, facendo riferimento alla bibliografia esistente sull’argomento, Skempton e MacDonald (1956), basandosi sull’osservazione di 98 edifici ed con riferimento anche allo studio di Ricceri e Sorazo (1985) su 25 strutture realizzate in Italia, evidenziano che non si ha comparsa di fessure sulle strutture di tamponamento fino a valori di $\beta < 1/300$ e per vedere danni sulle strutture portanti in calcestruzzo è necessario arrivare a valori di β pari a $1/150$.

In Polschin e Tokar (1957) si considera un approccio più conservativo, indicando valori ammissibili pari a $1/500$ per strutture a telaio in calcestruzzo armato con tamponature e pari a $1/200$ per telai

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

aperti. Stessi valori vengono indicati anche nell'ambito dell'Eurocodice 7, appendice H, dove si indica come ammissibile una distorsione pari a 1/500, evidenziando una condizione di stato limite ultimo pari a 1/150. Si riporta nel seguito una sintesi dei criteri di classificazione del danno rispettivamente basati sulla determinazione della distorsione limite e sulla stima delle deformazioni di trazione generate nelle strutture secondo le formulazioni di bibliografia.

Tabella 6 – Criterio di classificazione del danno edifici – Burland 1977 (principalmente utilizzata per edifici con fondazioni continue)

Categoria di rischio	Intensità del danno	Descrizione
0 (estetico)	Trascurabile	Fessure capillari con aperture ≤ 0.1 mm.
1 (estetico)	Molto lieve	<u>Fessure sottili cui si rimedia facilmente con lavori di pitturazione.</u> Il danno è limitato agli intonaci delle pareti interne. Fessure alle parti esterne rilevabili con attento esame. Tipica apertura delle lesioni ≤ 1 mm.
2 (estetico)	Lieve	<u>Fessure facilmente stuccabili, ripittura necessaria. Le fessure ricorrenti possono essere mascherate con opportuni rivestimenti.</u> Fessure anche visibili all'esterno; può essere necessaria qualche ripresa della spillatura per garantire l'impermeabilità. Possibili difficoltà nell'apertura di porte e finestre. Tipica apertura delle lesioni ≤ 5 mm.
3 (estetico/funzionale)	Moderata	<u>Le fessure richiedono cucì e scuci della muratura.</u> Anche all'esterno necessari interventi sulla muratura. Possibile blocco di porte e finestre. Rottura di tubazioni. Spesso l'impermeabilità non è garantita. Tipica apertura delle lesioni $5 \div 15$ mm, oppure molte lesioni ≤ 3 .
4 (funzionale)	Severa	<u>Necessarie importanti riparazioni, compresa demolizione e ricostruzione di parti di muri, specie al di sopra di porte e finestre.</u> I telai di porte e finestre si distorcono; percepibile pendenza di pavimenti. Muri inclinati o spanciati; qualche perdita d'appoggio di travi. Tubazioni distrutte. Tipica apertura delle lesioni $15 \div 25$ mm, dipendente anche dal numero di lesioni.
5 (strutturale)	Molto severa	<u>Richiesti importanti lavori con parziale e totale demolizione e ricostruzione.</u> Le travi perdono l'appoggio, i muri si inclinano fortemente e richiedono puntellatura. Pericolo di instabilità. Tipica apertura delle lesioni superiori a 25 mm, dipendente anche dal numero di lesioni.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 7 –Boscardin e Cording 1989

Damage category		Description of typical damage	Approx. crack width	Δ	Limiting tensile strain $\epsilon_{tm}(\%)$	$\beta = \delta/L$
0	Negligible	Hairline cracks	<0.1 mm	< 3 cm	0-0,05	< 1/300
1	Very slight	Very slight damage includes fine cracks that can be easily treated during normal decoration, perhaps an isolated slight fracture in building, and cracks in external brickwork visible on close inspection	1 mm	3-4 cm	0,05-0,075	1/300 to 1/240
2	Slight	Slight damage includes cracks that can be easily filled and redecoration would probably be required; several slight fractures may appear showing on the inside of the building; cracks that are visible externally and some repointing may be required; doors and windows may stick	3 mm	4-6 cm	0,075-0,15	1/240 to 1/175
3	Moderate	Moderate damage includes cracks that require some opening up and can be patched by mason; recurrent cracks that can be masked by suitable linings; repointing of external brickwork and possibly a small amount of brickwork replacement may be required; doors and windows stick; service pipes may fracture; weathertightness is often impaired	5 to 15 mm or a number of cracks > 3mm	5-8 cm	0,15-0,3	1/175 to 1/120
4	Severe	Severe damage includes large cracks requiring extensive repair work involving breaking out and replacing sections of walls (especially over doors and windows); distorted windows and door frames, noticeably sloping floors; leaning or bulging walls; some loss of bearing in beams; disrupted service pipes	15 to 25 mm but also depends on number of cracks	8-13 cm	>0,3	1/120 to 1/70
5	Very severe	Very severe damage often requires a major repair job involving partial or complete rebuilding; beams lose bearing; walls lean and require shoring; windows are broken with distortion; there is danger of structural instability	Usually > 5 mm but also depends on number of cracks	> 13 cm	>0,3	> 1/70

Il metodo di calcolo utilizzato è basato sulle seguenti ipotesi:

- gli spostamenti e le deformazioni indotte sugli edifici sono assunte pari a quelle corrispondenti alla *condizione "green-field"*;
- la rigidità degli edifici analizzati è considerata nulla, mentre in realtà le opere di fondazioni interagiscono con il terreno riducendo il rapporto di inflessione e le deformazioni orizzontali ottenute nella *condizione "green-field"*;
- nessuna distinzione tra fondazioni su plinti, su trave e su platea che presentano chiaramente comportamenti differenti soprattutto nei confronti degli spostamenti orizzontali;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- tutti gli edifici vengono considerati come disposti perpendicolarmente all'asse della galleria scavata (configurazione che determina per uno stesso edificio le condizioni peggiori in termini di entità di deformazione).

Tenendo conto delle suddette ipotesi si può affermare che tale approccio risulta molto conservativo ed i risultati ottenuti si riferiscono alla peggiore configurazione di danno possibile.

6.5 SEZIONI TIPO “medie” previste RAMO A e C

Di seguito vengono descritte le sezioni tipo elaborate per risolvere le problematiche legate all'avanzamento degli scavi nelle diverse formazioni geologiche rinvenute in sito. Le variabilità di tali sezioni, nonché le linee guida per l'applicazione delle stesse, saranno trattate in appositi paragrafi dedicati alle singole gallerie (per maggiori dettagli si vedano gli elaborati grafici relativi alla sezione tipo). Si ricorda che per le sezioni di tipo B2V e C1 esistono tre configurazioni di piattaforma stradale differente (standard, allargo per visibilità max 1.45m, piazzola di sosta (RamoA), mentre per le sezioni C1L esistono solo le sezioni standard e con allargo per visibilità.

6.5.1 Sezione tipo B0

Interventi previsti

La sezione tipo B0 è costituita da:

- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, da eseguirsi in presenza di acqua con geometrie da definirsi. Mediamente avranno lunghezza 24 m, microfessurati per 14 metri da fondo foro e ciechi per 10 m verso bocca foro;
- priverivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton, fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, e centine metalliche accoppiate IPN180, a passo 1.2m;
- impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.
- rivestimento definitivo in c.a. dello spessore di 70 cm in arco rovescio e di 60 cm in calotta.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FASE 1: ESECUZIONE DRENAGGI IN AVANZAMENTO (EVENTUALI)

FASE 2: ESECUZIONE SCAVO

Lo scavo deve essere eseguito a piena sezione per singoli sfondi, secondo lo schema di progetto, sagomando il fronte a forma concava protetto con uno strato di spritz fibrorinforzato Sp.>=5cm ad ogni sfondo da eseguirsi per ragioni legate alla sicurezza operativa.

FASE 3: POSA IN OPERA DELLE CENTINE E DELLO SPRITZ-BETON

FASE 4: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO A TERGO DELLA MURETTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto, da un telo impermeabilizzante di PVC e dalla canaletta in PVC microfessurata.

FASE 5: GETTO DI MURETTE ED ARCO ROVESCIO

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà effettuato in funzione del comportamento tenso-deformativo del cavo e del fronte e comunque a distanze non superiori a 6Ø dal fronte.

FASE 6: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DI COMPLETAMENTO IN CALOTTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto e da un telo in PVC.

FASE 7: GETTO RIVESTIMENTO DEFINITIVO DI CALOTTA

La distanza del getto di piedritti e calotta dal fronte sarà regolata in funzione del comportamento deformativo e, comunque, non dovrà essere superiore a 12Ø dal fronte.

6.5.2 Sezione tipo B2V

Interventi previsti

La sezione tipo B2V è costituita da:

- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, da eseguirsi in presenza di acqua con geometrie da definirsi. Mediamente avranno lunghezza 24 m, microfessurati per 14 metri da fondo foro e ciechi per 10 m verso bocca foro;
- priverivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton, fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, e centine metalliche accoppiate IPN180, a passo 1.0m;
- Coronella di terreno consolidato al contorno mediante 52 tubi metallici valvolati ed iniettati, di diametro 88.9 mm e spessore 10 mm, L = 18 m e sovrapp. = 6 m;
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 60 tubi in VTR cementati in foro con miscele cementizie , L = 21 m, sovrapposizione= 9 m;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.
- rivestimento definitivo in c.a. dello spessore di 90 cm in arco rovescio, variabile in calotta tra 50 cm ed 110 cm con spessore medio di 80 cm.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL FRONTE

- A. Esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz-beton previsto
- B. Perforazione eseguita secondo la geometria di progetto
- C. Inserimento del tubo in VTR nel foro e cianfrinatura del bocca foro
- D. Cementificazione del tubo da effettuarsi mediante utilizzo di malta di cemento
- E. Le operazioni B, C, D andranno effettuate a gruppi di massimo cinque elementi per volta.

FASE 2: ESECUZIONE TRATTAMENTO AL CONTORNO

Esecuzione preconsolidamento al contorno secondo la geometria di progetto, con le seguenti modalità

- A. Perforazione $\geq 130\text{mm}$
- B. Inserimento tubo metallico valvolato (2 vlv/m)
- C. Formazione della “guaina” al contorno del tubo valvolato da eseguirsi subito dopo l’inserimento
- D. Iniezione in pressione da realizzarsi valvola per valvola con doppio otturatore fino a raggiungere le pressioni di rifiuto e/o il volume di progetto
- E. Le operazioni A, B e C andranno effettuate a gruppi di massimo cinque elementi per volta.

NOTA – Nel caso di materiali chiusi gli infilaggi al contorno potranno essere solo cementati e non iniettati dalle valvole

FASE 3: esecuzione dreni in avanzamento (eventuali)

FASE 4: ESECUZIONE SCAVO

Lo scavo deve essere eseguito a piena sezione per singoli sfondi, secondo lo schema di progetto,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sagomando il fronte a forma concava protetto con uno strato di spritz Sp.>=5cm ad ogni sfondo da eseguirsi per ragioni legate alla sicurezza operativa.

FASE 5: POSA IN OPERA CENTINE E SPRITZ-BETON

FASE 6: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO A TERGO DELLA MURETTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto, da un telo impermeabilizzante di PVC e dalla canaletta in PVC microfessurata.

FASE 7: getto di murette ed arco rovescio

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà effettuato in funzione del comportamento tenso-deformativo del cavo e del fronte e comunque a distanze non superiori a 3Ø dal fronte.

FASE 8: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DI COMPLETAMENTO IN CALOTTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.

FASE 9: getto rivestimento definitivo di CALOTTA

La distanza del getto di piedritti e calotta dal fronte sarà regolata in funzione del comportamento deformativo e, comunque, non dovrà essere superiore a 6Ø dal fronte.

6.5.3 Sezione tipo B2V ALLARGO (+1.45)

Interventi previsti

La sezione tipo B2V allargo (+1.45) è costituita da:

- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, da eseguirsi in presenza di acqua con geometrie da definirsi. Mediamente avranno lunghezza 24 m, microfessurati per 14 metri da fondo foro e ciechi per 10 m verso bocca foro;
- priverimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton, fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, e centine metalliche accoppiate IPN200, a passo 1.0m;
- Coronella di terreno consolidato al contorno mediante 56 tubi metallici valvolati ed iniettati, di diametro 88.9 mm e spessore 10 mm, L = 18 m e sovrapp. = 6 m;
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 70 tubi in VTR cementati in foro con miscele cementizie, L = 21 m, sovrapposizione= 9 m;
- impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- rivestimento definitivo in c.a. dello spessore di 90 cm in arco rovescio, variabile in calotta tra 50 cm ed 130 cm ed uno spessore medio di 90 cm .

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL FRONTE

- A. Esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz-beton previsto
- B. Perforazione eseguita secondo la geometria di progetto
- C. Inserimento del tubo in VTR nel foro e cianfrinatura del bocca foro
- D. Cementificazione del tubo da effettuarsi mediante utilizzo di malta di cemento
- E. Le operazioni B, C, D andranno effettuate a gruppi di massimo cinque elementi per volta.

FASE 2: ESECUZIONE TRATTAMENTO AL CONTORNO

Esecuzione preconsolidamento al contorno secondo la geometria di progetto, con le seguenti modalità

- A. Perforazione $\geq 130\text{mm}$
- B. Inserimento tubo metallico valvolato (2 vlv/m)
- C. Formazione della “guaina” al contorno del tubo valvolato da eseguirsi subito dopo l’inserimento
- D. Iniezione in pressione da realizzarsi valvola per valvola con doppio otturatore fino a raggiungere le pressioni di rifiuto e/o il volume di progetto
- E. Le operazioni A, B e C andranno effettuate a gruppi di massimo cinque elementi per volta.

NOTA – Nel caso di materiali chiusi gli infilaggi al contorno potranno essere solo cementati e non iniettati dalle valvole

FASE 3: ESECUZIONE DRENI IN AVANZAMENTO (EVENTUALI)

FASE 4: ESECUZIONE SCAVO

Lo scavo deve essere eseguito a piena sezione per singoli sfondi, secondo lo schema di progetto, sagomando il fronte a forma concava protetto con uno strato di spritz Sp. $\geq 5\text{cm}$ ad ogni sfondo da

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

eseguirsi per ragioni legate alla sicurezza operativa.

FASE 5: POSA IN OPERA CENTINE E SPRITZ-BETON

FASE 6: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO A TERGO DELLA MURETTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto, da un telo impermeabilizzante di PVC e dalla canaletta in PVC microfessurata.

FASE 7: GETTO DI MURETTE ED ARCO ROVESCIO

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà effettuato in funzione del comportamento tenso-deformativo del cavo e del fronte e comunque a distanze non superiori a $1,5\varnothing$ dal fronte.

FASE 8: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DI COMPLETAMENTO IN CALOTTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.

FASE 9: GETTO RIVESTIMENTO DEFINITIVO DI CALOTTA

La distanza del getto di piedritti e calotta dal fronte sarà regolata in funzione del comportamento deformativo e, comunque, non dovrà essere superiore a $6\varnothing$ dal fronte.

6.5.4 Sezione tipo B2V piazzola (+1.45)

Interventi previsti

La sezione tipo *B2V piazzola (+1.45)* è costituita da:

- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, da eseguirsi in presenza di acqua con geometrie da definirsi. Mediamente avranno lunghezza 24 m, microfessurati per 14 metri da fondo foro e ciechi per 10 m verso bocca foro;
- prerivestimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton, fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, e centine metalliche accoppiate IPN260, a passo 0.9m;
- Coronella di terreno consolidato al contorno mediante 73 tubi metallici valvolati ed iniettati, di diametro 88.9 mm e spessore 10 mm, L = 14 m e sovrapp. = 5 m;
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 151 tubi in VTR cementati in foro con miscele cementizie , L = 18 m, sovrapposizione= 9 m ;
- impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- rivestimento definitivo in c.a. dello spessore di 120 cm in arco rovescio, e variabile in calotta tra 60 e 145 cm.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL FRONTE

- A. Esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz-beton previsto
- B. Perforazione eseguita secondo la geometria di progetto
- C. Inserimento del tubo in VTR nel foro e cianfrinatura del bocca foro
- D. Cementificazione del tubo da effettuarsi mediante utilizzo di malta di cemento
- E. Le operazioni B, C, D andranno effettuate a gruppi di massimo cinque elementi per volta.

FASE 2: ESECUZIONE TRATTAMENTO AL CONTORNO

Esecuzione preconsolidamento al contorno secondo la geometria di progetto, con le seguenti modalità

- A. Perforazione $\geq 130\text{mm}$
- B. Inserimento tubo metallico valvolato (2 vlv/m)
- C. Formazione della “guaina” al contorno del tubo valvolato da eseguirsi subito dopo l’inserimento
- D. Iniezione in pressione da realizzarsi valvola per valvola con doppio otturatore fino a raggiungere le pressioni di rifiuto e/o il volume di progetto
- E. Le operazioni A, B e C andranno effettuate a gruppi di massimo cinque elementi per volta.

NOTA – Nel caso di materiali chiusi gli infilaggi al contorno potranno essere solo cementati e non iniettati dalle valvole

FASE 3: ESECUZIONE DRENI IN AVANZAMENTO (EVENTUALI)

FASE 4: ESECUZIONE SCAVO

Lo scavo deve essere eseguito a piena sezione per singoli sfondi, secondo lo schema di progetto, sagomando il fronte a forma concava protetto con uno strato di spritz Sp. $\geq 5\text{cm}$ ad ogni sfondo da eseguirsi per ragioni legate alla sicurezza operativa.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FASE 5: POSA IN OPERA CENTINE E SPRITZ-BETON

FASE 6: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO A TERGO DELLA MURETTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto, da un telo impermeabilizzante di PVC e dalla canaletta in PVC microfessurata.

FASE 7: GETTO DI MURETTE ED ARCO ROVESCIO

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà effettuato in funzione del comportamento tenso-deformativo del cavo e del fronte e comunque a distanze non superiori a 3Ø dal fronte.

FASE 8: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DI COMPLETAMENTO IN CALOTTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.

FASE 9: GETTO RIVESTIMENTO DEFINITIVO DI CALOTTA

La distanza del getto di piedritti e calotta dal fronte sarà regolata in funzione del comportamento deformativo e, comunque, non dovrà essere superiore a 6Ø dal fronte.

6.5.5 Sezione tipo C1

Interventi previsti

La sezione tipo C1 è costituita da:

- 2+2 drenaggi in avanzamento, da eseguirsi in presenza d'acqua con geometrie da definirsi. Mediamente avranno lunghezza 24 m, microfessurati per 14 metri da fondo foro e ciechi per 10 m verso bocca foro;
- Preconsolidamento del fronte tramite 58 trattamenti colonnari (diametro teorico 30cm) realizzati mediante micro-jet armati con tubi in vtr, della lunghezza di iniezione di 15 m e sovrapposizione minima di 6.0 m;
- n°63 trattamenti colonnari al contorno, realizzati mediante jet-grouting di diametro 60 cm, della lunghezza di iniezione di 13 m con perforazione a vuoto di 1 m e sovrapposizione minima 5.0 m, armati su 120° con tubi in acciaio per coperture minori di 25m.
- consolidamento al piede delle centine mediante 5+5 trattamenti in jet-grouting Ø600 mm;
- Prerivestimento, composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton fibrorinforzato e centine metalliche accoppiate IPN180, a passo 1,00 m;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC;
- Rivestimento definitivo in c.a.: arco rovescio dello spessore di 90 cm, e calotta di spessore variabile da 50 a 135cm.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL FRONTE

- A. Esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz-beton Sp.=10cm
- B. - esecuzione micro-jet Ø300
 - Riperforazione colonne (eventuale)
 - Inserimento e cementazione tubi in VTR

In alternativa autoperforante (vedi capitolo “Tecnologie alternative per il consolidamento del fronte”)

FASE 2: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL CONTORNO E BASE CENTINA

Esecuzione consolidamento al contorno e al piede centina mediante colonne in jet-grouting secondo le geometrie di progetto.

FASE 3: ESECUZIONE DRENI IN AVANZAMENTO (EVENTUALI)

FASE 4: ESECUZIONE SCAVO

Lo scavo deve essere eseguito a piena sezione per singoli sfondi, secondo lo schema di progetto, sagomando il fronte a forma concava ($f \geq 1.5$ m) protetto con uno strato di spritz fibrorinforzato Sp. ≥ 5 cm ad ogni sfondo da eseguirsi per ragioni legate alla sicurezza operativa.

FASE 5: POSA IN OPERE CENTINE E SPRITZ-BETON

FASE 6: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO A TERGO DELLA MURETTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto, da un telo impermeabilizzante di PVC e dalla canaletta in PVC microfessurata.

FASE 7: GETTO DI MURETTE ED ARCO ROVESCIO

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà effettuato in funzione del comportamento tenso-deformativo del cavo e del fronte e comunque a distanze non superiori a $1,5\phi$ dal fronte.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FASE 8: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DI COMPLETAMENTO IN CALOTTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto e da un telo in PVC.

FASE 9: GETTO RIVESTIMENTO DEFINITIVO DI CALOTTA

La distanza del getto di piedritti e calotta dal fronte sarà regolata in funzione del comportamento deformativo e, comunque, non dovrà essere superiore a 6Ø dal fronte.

6.5.6 Sezione tipo C1 ALLARGO (+1.45)

Interventi previsti

La sezione tipo C1ALLARGO (+1,45 m) è costituita da:

- 2+2 drenaggi in avanzamento, da eseguirsi in presenza d'acqua con geometrie da definirsi. Mediamente avranno lunghezza 24 m, microfessurati per 14 metri da fondo foro e ciechi per 10 m verso bocca foro;
- Preconsolidamento del fronte tramite 65 trattamenti colonnari (diametro teorico 30cm) realizzati mediante micro-jet armati con tubi in vtr, della lunghezza di iniezione di 15 m e sovrapposizione minima di 6.0 m;
- n°65 trattamenti colonnari al contorno, realizzati mediante jet-grouting di diametro 60 cm, della lunghezza di iniezione di 15 m e sovrapposizione minima 6.0 m, armati su 120° con tubi in acciaio per coperture minori di 25m.
- consolidamento al piede delle centine mediante 8+8 trattamenti in jet-grouting Ø600 mm;
- Prerivestimento, composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton fibrorinforzato e centine metalliche accoppiate IPN220, a passo 1,00 m;
- Impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC;
- Rivestimento definitivo in c.a.: arco rovescio dello spessore di 100 cm, e calotta di spessore variabile da 50 a 135 cm.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL FRONTE

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

A. Esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz-beton Sp.=10cm

B. - esecuzione micro-jet Ø300

- Riperforazione colonne (eventuale)

- Inserimento e cementazione tubi in VTR

In alternativa autoperforante (vedi capitolo “Tecnologie alternative per il consolidamento del fronte”)

FASE 2: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL CONTORNO E BASE CENTINA

Esecuzione consolidamento al contorno e al piede centina mediante colonne in jet-grouting secondo le geometrie di progetto.

FASE 3: ESECUZIONE DRENI IN AVANZAMENTO (EVENTUALI)

FASE 4: ESECUZIONE SCAVO

Lo scavo deve essere eseguito a piena sezione per singoli sfondi, secondo lo schema di progetto, sagomando il fronte a forma concava ($f \geq 1.5$ m) protetto con uno strato di spritz fibrorinforzato Sp. ≥ 5 cm ad ogni sfondo da eseguirsi per ragioni legate alla sicurezza operativa.

FASE 5: POSA IN OPERE CENTINE E SPRITZ-BETON

FASE 6: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO A TERGO DELLA MURETTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto, da un telo impermeabilizzante di PVC e dalla canaletta in PVC microfessurata.

FASE 7: GETTO DI MURETTE ED ARCO ROVESCIO

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà effettuato in funzione del comportamento tenso-deformativo del cavo e del fronte e comunque a distanze non superiori a $1,5\phi$ dal fronte.

FASE 8: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DI COMPLETAMENTO IN CALOTTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto e da un telo in PVC.

FASE 9: GETTO RIVESTIMENTO DEFINITIVO DI CALOTTA

La distanza del getto di piedritti e calotta dal fronte sarà regolata in funzione del comportamento deformativo e, comunque, non dovrà essere superiore a 6ϕ dal fronte.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6.5.7 Sezione tipo C1 PIAZZOLA (+1.45)

Interventi previsti

La sezione tipo C1 PIAZZOLA (+1,45 m) è costituita da:

- 2+2 drenaggi in avanzamento, da eseguirsi in presenza d'acqua con geometrie da definirsi. Mediamente avranno lunghezza 24 m, microfessurati per 14 metri da fondo foro e ciechi per 10 m verso bocca foro;
- Preconsolidamento del fronte tramite 100 trattamenti colonnari (diametro teorico 30cm) realizzati mediante micro-jet armati con tubi in vtr, della lunghezza di iniezione di 18 m e sovrapposizione minima di 9.0 m;
- n°93 trattamenti colonnari al contorno, realizzati mediante jet-grouting di diametro 60 cm, della lunghezza di iniezione di 13 m con perforazione a vuoto di 1 m e sovrapposizione minima 5.0 m, armati su 120° con tubi in acciaio.
- consolidamento al piede delle centine mediante 8+8 trattamenti in jet-grouting Ø600 mm;
- Prerivestimento, composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton fibrorinforzato e centine metalliche accoppiate IPN260, a passo 0,90 m;
- Impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC;
- Rivestimento definitivo in c.a.: arco rovescio dello spessore di 120 cm, e calotta di spessore variabile da 70 a 160 e spessore medio 115 cm.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL FRONTE

- A. Esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz-beton Sp.=10cm
- B. - esecuzione micro-jet Ø300
 - Riperforazione colonne (eventuale)
 - Inserimento e cementazione tubi in VTR

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In alternativa autoperforante (vedi capitolo “Tecnologie alternative per il consolidamento del fronte”)

FASE 2: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL CONTORNO E BASE CENTINA

Esecuzione consolidamento al contorno e al piede centina mediante colonne in jet-grouting secondo le geometrie di progetto.

FASE 3: ESECUZIONE DRENI IN AVANZAMENTO (EVENTUALI)

FASE 4: ESECUZIONE SCAVO

Lo scavo deve essere eseguito a piena sezione per singoli sfondi, secondo lo schema di progetto, sagomando il fronte a forma concava ($f \geq 1.5$ m) protetto con uno strato di spritz fibrorinforzato $Sp. \geq 5$ cm ad ogni sfondo da eseguirsi per ragioni legate alla sicurezza operativa.

FASE 5: POSA IN OPERE CENTINE E SPRITZ-BETON

FASE 6: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO A TERGO DELLA MURETTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto, da un telo impermeabilizzante di PVC e dalla canaletta in PVC microfessurata.

FASE 7: GETTO DI MURETTE ED ARCO ROVESCIO

Il getto delle murette e dell’arco rovescio verrà effettuato in funzione del comportamento tenso-deformativo del cavo e del fronte e comunque a distanze non superiori a $1,5\varnothing$ dal fronte.

FASE 8: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DI COMPLETAMENTO IN CALOTTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto e da un telo in PVC.

FASE 9: GETTO RIVESTIMENTO DEFINITIVO DI CALOTTA

La distanza del getto di piedritti e calotta dal fronte sarà regolata in funzione del comportamento deformativo e, comunque, non dovrà essere superiore a $6\varnothing$ dal fronte.

6.5.8 Sezione tipo C1L

Interventi previsti

La sezione tipo C1L è costituita da:

- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, da eseguirsi in presenza di acqua con geometrie da definirsi. Mediamente avranno lunghezza 24 m, microfessurati per 14 metri da fondo foro e ciechi per 10 m verso bocca foro;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 60 tubi in VTR cementati in foro con miscele cementizie, L = 18 m, sovrapposizione= 9 m ;
- n°49 trattamenti colonnari al contorno, realizzati i mediante jet-grouting di diametro 60 cm, della lunghezza di iniezione di 13 m con perforazione a vuoto di 1 m e sovrapposizione minima 5.0 m, armati su 120° con tubi in acciaio.
- prerivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton fibrorinforzato e centine metalliche accoppiate IPN180, a passo 1.0m;
- impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.
- rivestimento definitivo in c.a. dello spessore di 90 cm in arco rovescio, variabile in calotta tra 50 cm e 135 cm.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL FRONTE

- A. Esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz-beton Sp.=10 cm
- B. Perforazione eseguita secondo la geometria di progetto
- C. Inserimento del tubo in VTR nel foro e cianfrinatura del bocca foro
- D. Cementificazione del tubo da effettuarsi mediante utilizzo di malta di cemento
- E. Le operazioni B, C, D andranno effettuate a gruppi di massimo cinque elementi per volta.

FASE 2: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL CONTORNO

Esecuzione preconsolidamento mediante colonne in jet-grouting secondo le geometrie di progetto. Trattamenti (Tipo A) armati con tubi di acciaio.

FASE 3: ESECUZIONE DRENI IN AVANZAMENTO (EVENTUALI)

FASE 4: ESECUZIONE SCAVO

Lo scavo deve essere eseguito a piena sezione per singoli sfondi, secondo lo schema di progetto, sagomando il fronte a forma concava ($f \geq 1.5m$) protetto con uno strato di spritz fibrorinforzato Sp. $\geq 5cm$ ad ogni sfondo da eseguirsi per ragioni legate alla sicurezza operativa.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FASE 5: POSA IN OPERA CENTINE E SPRITZ-BETON

FASE 6: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO A TERGO DELLA MURETTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto, da un telo impermeabilizzante di PVC e dalla canaletta in PVC microfessurata.

FASE 7: GETTO DI MURETTE ED ARCO ROVESCIO

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà effettuato in funzione del comportamento tenso-deformativo del cavo e del fronte e comunque a distanze non superiori a 1,5Ø dal fronte.

FASE 8: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DI COMPLETAMENTO IN CALOTTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.

FASE 9: GETTO RIVESTIMENTO DEFINITIVO DI CALOTTA

La distanza del getto di piedritti e calotta dal fronte sarà regolata in funzione del comportamento deformativo e, comunque, non dovrà essere superiore a 6Ø dal fronte.

6.5.9 Sezione tipo C1L allargo (+1.45)

Interventi previsti

La sezione tipo C1L allargo (+1.45m) è costituita da:

- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, da eseguirsi in presenza di acqua con geometrie da definirsi. Mediamente avranno lunghezza 24 m, microfessurati per 14 metri da fondo foro e ciechi per 10 m verso bocca foro;
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 70 tubi in VTR cementati in foro con miscele cementizie , L = 18 m, sovrapposizione= 9 m ;
- n° 53 trattamenti colonnari al contorno, realizzati i mediante jet-grouting di diametro 60 cm, della lunghezza di iniezione di 13 m con perforazione a vuoto di 1 m e sovrapposizione minima 5.0 m, armati su 120° con tubi in acciaio.
- pririvestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton fibrorinforzato e centine metalliche accoppiate IPN220, a passo 1.0m;
- impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- rivestimento definitivo in c.a. dello spessore di 100 cm in arco rovescio, variabile in calotta tra 50 cm ed 135 cm.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL FRONTE

- A. Esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz-beton Sp.=10 cm
- B. Perforazione eseguita secondo la geometria di progetto
- C. Inserimento del tubo in VTR nel foro e cianfrinatura del bocca foro
- D. Cementificazione del tubo da effettuarsi mediante utilizzo di malta di cemento
- E. Le operazioni B, C, D andranno effettuate a gruppi di massimo cinque elementi per volta.

FASE 2: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL CONTORNO

Esecuzione preconsolidamento mediante colonne in jet-grouting secondo le geometrie di progetto.

FASE 3: ESECUZIONE DRENI IN AVANZAMENTO (EVENTUALI)

FASE 4: ESECUZIONE SCAVO

Lo scavo deve essere eseguito a piena sezione per singoli sfondi, secondo lo schema di progetto, sagomando il fronte a forma concava ($f \geq 1.5m$) protetto con uno strato di spritz fibrorinforzato $Sp. \geq 5cm$ ad ogni sfondo da eseguirsi per ragioni legate alla sicurezza operativa.

FASE 5: POSA IN OPERA CENTINE E SPRITZ-BETON

FASE 6: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO A TERGO DELLA MURETTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto, da un telo impermeabilizzante di PVC e dalla canaletta in PVC microfessurata.

FASE 7: GETTO DI MURETTE ED ARCO ROVESCIO

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà effettuato in funzione del comportamento tenso-deformativo del cavo e del fronte e comunque a distanze non superiori a $1,5\varnothing$ dal fronte.

FASE 8: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DI COMPLETAMENTO IN CALOTTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.

FASE 9: GETTO RIVESTIMENTO DEFINITIVO DI CALOTTA

La distanza del getto di piedritti e calotta dal fronte sarà regolata in funzione del comportamento de

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

formativo e, comunque, non dovrà essere superiore a 6Ø dal fronte.

6.6 SEZIONI TIPO “medie” RAMO B-D

Di seguito vengono descritte le sezioni tipo elaborate per risolvere le problematiche legate all'avanzamento degli scavi nelle diverse formazioni geologiche rinvenute in sito. Le variabilità di tali sezioni, nonché le linee guida per l'applicazione delle stesse, saranno trattate in appositi paragrafi dedicati alle singole gallerie (per maggiori dettagli si vedano gli elaborati grafici relativi alla sezione tipo). Si ricorda che per le sezioni di tipo B2V esistono due configurazioni di piattaforma stradale differente (standard e piazzola di sosta), mentre per le altre sezioni viene adottata unicamente la piattaforma standard.

6.6.1 Sezione tipo B0

Interventi previsti

La sezione tipo B0 è costituita da:

- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, da eseguirsi in presenza di acqua con geometrie da definirsi. Mediamente avranno lunghezza 24 m, microfessurati per 14 metri da fondo foro e ciechi per 10 m verso bocca foro;
- priverimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton, fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, e centine metalliche accoppiate IPN180, a passo 1.2m;
- impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.
- rivestimento definitivo in c.a. dello spessore di 70 cm in arco rovescio e di 60 cm in calotta.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: ESECUZIONE DRENAGGI IN AVANZAMENTO (EVENTUALI)

FASE 2: ESECUZIONE SCAVO

Lo scavo deve essere eseguito a piena sezione per singoli sfondi, secondo lo schema di progetto, sagomando il fronte a forma concava protetto con uno strato di spritz fibrorinforzato Sp. \geq 5cm ad ogni sfondo da eseguirsi per ragioni legate alla sicurezza operativa.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FASE 3: POSA IN OPERA DELLE CENTINE E DELLO SPRITZ-BETON

FASE 4: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO A TERGO DELLA MURETTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto, da un telo impermeabilizzante di PVC e dalla canaletta in PVC microfessurata.

FASE 5: GETTO DI MURETTE ED ARCO ROVESCIO

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà effettuato in funzione del comportamento tenso-deformativo del cavo e del fronte e comunque a distanze non superiori a 6Ø dal fronte.

FASE 6: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DI COMPLETAMENTO IN CALOTTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto e da un telo in PVC.

FASE 7: GETTO RIVESTIMENTO DEFINITIVO DI CALOTTA

La distanza del getto di piedritti e calotta dal fronte sarà regolata in funzione del comportamento deformativo e, comunque, non dovrà essere superiore a 12Ø dal fronte.

6.6.2 Sezione tipo B2V

Interventi previsti

La sezione tipo B2V è costituita da:

- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, da eseguirsi in presenza di acqua con geometrie da definirsi. Mediamente avranno lunghezza 24 m, microfessurati per 14 metri da fondo foro e ciechi per 10 m verso bocca foro;
- prerivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton, fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldato, e centine metalliche accoppiate IPN180, a passo 1.0m;
- Coronella di terreno consolidato al contorno mediante 45 tubi metallici valvolati ed iniettati, di diametro 88.9 mm e spessore 10 mm, L = 18 m e sovrapp. = 6 m;
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 44 tubi in VTR cementati in foro con miscele cementizie , L = 21 m, sovrapposizione= 9 m ;
- impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.
- rivestimento definitivo in c.a. dello spessore di 90 cm in arco rovescio, variabile in calotta tra 50 cm ed 110 cm con spessore medio di 80 cm.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL FRONTE

- A. Esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz-beton previsto
- B. Perforazione eseguita secondo la geometria di progetto
- C. Inserimento del tubo in VTR nel foro e cianfrinatura del bocca foro
- D. Cementificazione del tubo da effettuarsi mediante utilizzo di malta di cemento
- E. Le operazioni B, C, D andranno effettuate a gruppi di massimo cinque elementi per volta.

FASE 2: ESECUZIONE TRATTAMENTO AL CONTORNO

Esecuzione preconsolidamento al contorno secondo la geometria di progetto, con le seguenti modalità

- A. Perforazione $\geq 130\text{mm}$
- B. Inserimento tubo metallico valvolato (2 vlv/m)
- C. Formazione della “guaina” al contorno del tubo valvolato da eseguirsi subito dopo l’inserimento
- D. Iniezione in pressione da realizzarsi valvola per valvola con doppio otturatore fino a raggiungere le pressioni di rifiuto e/o il volume di progetto
- E. Le operazioni A, B e C andranno effettuate a gruppi di massimo cinque elementi per volta.

NOTA – Nel caso di materiali chiusi gli infilaggi al contorno potranno essere solo cementati e non iniettati dalle valvole

FASE 3: ESECUZIONE DRENI IN AVANZAMENTO (EVENTUALI)

FASE 4: ESECUZIONE SCAVO

Lo scavo deve essere eseguito a piena sezione per singoli sfondi, secondo lo schema di progetto, sagomando il fronte a forma concava protetto con uno strato di spritz Sp. $\geq 5\text{cm}$ ad ogni sfondo da eseguirsi per ragioni legate alla sicurezza operativa.

FASE 5: POSA IN OPERA CENTINE E SPRITZ-BETON

FASE 6: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO A TERGO DELLA MURETTA

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto, da un telo impermeabilizzante di PVC e dalla canaletta in PVC microfessurata.

FASE 7: GETTO DI MURETTE ED ARCO ROVESCIO

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà effettuato in funzione del comportamento tenso-deformativo del cavo e del fronte e comunque a distanze non superiori a $3\emptyset$ dal fronte.

FASE 8: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DI COMPLETAMENTO IN CALOTTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.

FASE 9: GETTO RIVESTIMENTO DEFINITIVO DI CALOTTA

La distanza del getto di piedritti e calotta dal fronte sarà regolata in funzione del comportamento deformativo e, comunque, non dovrà essere superiore a $6\emptyset$ dal fronte.

6.6.3 Sezione tipo B2V piazzola

Interventi previsti

La sezione tipo *B2V piazzola* è costituita da:

- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, da eseguirsi in presenza di acqua con geometrie da definirsi. Mediamente avranno lunghezza 24 m, microfessurati per 14 metri da fondo foro e ciechi per 10 m verso bocca foro;
- priverimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton, fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, e centine metalliche accoppiate IPN200, a passo 1,00 m ;
- Coronella di terreno consolidato al contorno mediante 59 tubi metallici valvolati ed iniettati, di diametro 88.9 mm e spessore 10 mm, L = 18 m e sovrapp. = 6 m;
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 70 tubi in VTR cementati in foro con miscele cementizie , L = 21 m, sovrapposizione= 9 m ;
- impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.
- rivestimento definitivo in c.a. dello spessore di 90 cm in arco rovescio, variabile in calotta tra 50 cm ed 130 cm con spessore medio di 90 cm.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL FRONTE

- A. Esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz-beton previsto
- B. Perforazione eseguita secondo la geometria di progetto
- C. Inserimento del tubo in VTR nel foro e cianfrinatura del bocca foro
- D. Cementificazione del tubo da effettuarsi mediante utilizzo di malta di cemento
- E. Le operazioni B, C, D andranno effettuate a gruppi di massimo cinque elementi per volta.

FASE 2: ESECUZIONE TRATTAMENTO AL CONTORNO

Esecuzione preconsolidamento al contorno secondo la geometria di progetto, con le seguenti modalità

- A. Perforazione $\geq 130\text{mm}$
- B. Inserimento tubo metallico valvolato (2 vlv/m)
- C. Formazione della “guaina” al contorno del tubo valvolato da eseguirsi subito dopo l’inserimento
- D. Iniezione in pressione da realizzarsi valvola per valvola con doppio otturatore fino a raggiungere le pressioni di rifiuto e/o il volume di progetto
- E. Le operazioni A, B e C andranno effettuate a gruppi di massimo cinque elementi per volta.

NOTA – Nel caso di materiali chiusi gli infilaggi al contorno potranno essere solo cementati e non iniettati dalle valvole

FASE 3: ESECUZIONE DRENI IN AVANZAMENTO (EVENTUALI)

FASE 4: ESECUZIONE SCAVO

Lo scavo deve essere eseguito a piena sezione per singoli sfondi, secondo lo schema di progetto, sagomando il fronte a forma concava protetto con uno strato di spritz Sp. $\geq 5\text{cm}$ ad ogni sfondo da eseguirsi per ragioni legate alla sicurezza operativa.

FASE 5: POSA IN OPERA CENTINE E SPRITZ-BETON

FASE 6: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO A TERGO DELLA MURETTA

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto, da un telo impermeabilizzante di PVC e dalla canaletta in PVC microfessurata.

FASE 7: GETTO DI MURETTE ED ARCO ROVESCIO

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà effettuato in funzione del comportamento tenso-deformativo del cavo e del fronte e comunque a distanze non superiori a $3\emptyset$ dal fronte.

FASE 8: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DI COMPLETAMENTO IN CALOTTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.

FASE 9: GETTO RIVESTIMENTO DEFINITIVO DI CALOTTA

La distanza del getto di piedritti e calotta dal fronte sarà regolata in funzione del comportamento deformativo e, comunque, non dovrà essere superiore a $6\emptyset$ dal fronte.

6.6.4 Sezione tipo C1

Interventi previsti

La sezione tipo C1 è costituita da:

- 2+2 drenaggi in avanzamento, da eseguirsi in presenza d'acqua con geometrie da definirsi. Mediamente avranno lunghezza 24 m, microfessurati per 14 metri da fondo foro e ciechi per 10 m verso bocca foro;
- Preconsolidamento del fronte tramite 42 trattamenti colonnari (diametro teorico 30cm) realizzati mediante micro-jet della lunghezza di iniezione di 15 m e sovrapposizione minima di 6.0 m;
- n°56 trattamenti colonnari al contorno, realizzati mediante jet-grouting di diametro 60 cm, della lunghezza di iniezione di 13 m con perforazione a vuoto di 1 m e sovrapposizione minima 5.0 m, armati su 120° con tubi in acciaio per coperture minori di 25m.
- consolidamento al piede delle centine mediante 5+5 trattamenti in jet-grouting $\emptyset 600$ mm;
- Prerivestimento, composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton fibrorinforzato e centine metalliche accoppiate IPN180, a passo 1,00 m;
- Impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Rivestimento definitivo in c.a.: arco rovescio dello spessore di 90 cm, e calotta di spessore variabile da 50 a 135 cm.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL FRONTE

- A. Esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz-beton Sp.=10cm
- B. - esecuzione micro-jet Ø300
 - Riperforazione colonne (eventuale)
 - Inserimento e cementazione tubi in VTR

In alternativa autoperforante (vedi capitolo “Tecnologie alternative per il consolidamento del fronte”)

FASE 2: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL CONTORNO E BASE CENTINA

Esecuzione consolidamento al contorno e al piede centina mediante colonne in jet-grouting secondo le geometrie di progetto.

FASE 3: ESECUZIONE DRENI IN AVANZAMENTO (EVENTUALI)

FASE 4: ESECUZIONE SCAVO

Lo scavo deve essere eseguito a piena sezione per singoli sfondi, secondo lo schema di progetto, sagomando il fronte a forma concava ($f \geq 1.5$ m) protetto con uno strato di spritz fibrorinforzato Sp. ≥ 5 cm ad ogni sfondo da eseguirsi per ragioni legate alla sicurezza operativa.

FASE 5: POSA IN OPERE CENTINE E SPRITZ-BETON

FASE 6: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO A TERGO DELLA MURETTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto, da un telo impermeabilizzante di PVC e dalla canaletta in PVC microfessurata.

FASE 7: GETTO DI MURETTE ED ARCO ROVESCIO

Il getto delle murette e dell’arco rovescio verrà effettuato in funzione del comportamento tenso-deformativo del cavo e del fronte e comunque a distanze non superiori a $1,5\phi$ dal fronte.

FASE 8: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DI COMPLETAMENTO IN CALOTTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto e da un telo in PVC.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FASE 9: GETTO RIVESTIMENTO DEFINITIVO DI CALOTTA

La distanza del getto di piedritti e calotta dal fronte sarà regolata in funzione del comportamento deformativo e, comunque, non dovrà essere superiore a 6Ø dal fronte.

6.6.5 Sezione tipo C1L

Interventi previsti

La sezione tipo C1L è costituita da:

- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, da eseguirsi in presenza di acqua con geometrie da definirsi. Mediamente avranno lunghezza 24 m, microfessurati per 14 metri da fondo foro e ciechi per 10 m verso bocca foro;
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 44 tubi in VTR cementati in foro con miscele cementizie , L = 18 m, sovrapposizione= 9 m ;
- n° 42 trattamenti colonnari al contorno, realizzati i mediante jet-grouting di diametro 60 cm, della lunghezza di iniezione di 13 m con perforazione a vuoto di 1 m e sovrapposizione minima 5.0 m, armati su 120° con tubi in acciaio.
- prerivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton fibrorinforzato e centine metalliche accoppiate IPN180, a passo 1;
- impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.
- rivestimento definitivo in c.a. dello spessore di 90 cm in arco rovescio, variabile in calotta tra 50 e 135 cm.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL FRONTE

- A. Esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz-beton Sp.=10 cm
- B. Perforazione eseguita secondo la geometria di progetto
- C. Inserimento del tubo in VTR nel foro e cianfrinatura del bocca foro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

D. Cementificazione del tubo da effettuarsi mediante utilizzo di malta di cemento

E. Le operazioni B, C, D andranno effettuate a gruppi di massimo cinque elementi per volta.

FASE 2: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL CONTORNO

Esecuzione preconsolidamento mediante colonne in jet-grouting secondo le geometrie di progetto. Trattamenti (Tipo A) armati con tubi di acciaio.

FASE 3: ESECUZIONE DRENI IN AVANZAMENTO (EVENTUALI)

FASE 4: ESECUZIONE SCAVO

Lo scavo deve essere eseguito a piena sezione per singoli sfondi, secondo lo schema di progetto, sagomando il fronte a forma concava ($f >= 1.5m$) protetto con uno strato di spritz fibrorinforzato $Sp. >= 5cm$ ad ogni sfondo da eseguirsi per ragioni legate alla sicurezza operativa.

FASE 5: POSA IN OPERA CENTINE E SPRITZ-BETON

FASE 6: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO A TERGO DELLA MURETTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto, da un telo impermeabilizzante di PVC e dalla canaletta in PVC microfessurata.

FASE 7: GETTO DI MURETTE ED ARCO ROVESCIO

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà effettuato in funzione del comportamento tenso-deformativo del cavo e del fronte e comunque a distanze non superiori a $1,5\varnothing$ dal fronte.

FASE 8: POSA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DI COMPLETAMENTO IN CALOTTA

Posa in opera del drenaggio, composto da uno strato protettivo di geotessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.

FASE 9: GETTO RIVESTIMENTO DEFINITIVO DI CALOTTA

La distanza del getto di piedritti e calotta dal fronte sarà regolata in funzione del comportamento deformativo e, comunque, non dovrà essere superiore a $6\varnothing$ dal fronte.

6.7 Sezioni tipo di partenza in Galleria Naturale

Nella tabella seguente si elencano le sezioni tipo previste per attaccare gli scavi delle gallerie naturali.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

GALLERIA	IMBOCCO	SEZIONE TIPO DI PARTENZA PER FRONTI D'ATTACCO*
RAMO A	SALERNO	B2V
RAMO A	CENTRO DIREZIONALE	C1
RAMO B	REGGIO CALABRIA	C1
RAMO B	CENTRO DIREZIONALE	C1
RAMO C	SALERNO	B2V
RAMO C	CENTRO DIREZIONALE	B2V
RAMO D	REGGIO CALABRIA	B2V
RAMO D	CENTRO DIREZIONALE	B2V

***NOTE:**

- Gli imbocchi effettivamente utilizzati come fronte d'attacco degli scavi sono definiti come tali negli appositi elaborati di Progetto. Le indicazioni qui fornite prescindono da tale valutazione progettuale e dalle sue esigenze connesse ad espropri, interferenze, etc..Qualora un tratto d'imbocco sia scavato in uscita, anziché come attacco alla galleria naturale, le sezioni tipo di scavo verranno scelte secondo i criteri definiti dalle linee guida (interpretazione dei dati e osservazioni ottenute ne corso delle lavorazioni), fermo restando che le basse coperture e le condizioni di falda e geotecniche osservate agli imbocchi, per quanto ad oggi noto, fanno ritenere prevalentemente applicabili le sezioni tipo C1 o quanto altro indicato in tabella.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Le scelte effettive operative di cantiere saranno subordinate caso per caso alle informazioni puntuali di sito che deriveranno dallo scavo degli imbocchi e dei conci d'attacco corrispondenti.
- Nelle zone di transizione tra tratte con previsioni diverse di applicazione delle sezioni tipo, si applicheranno in ogni caso le linee guida. In proposito si può indicare solo quanto segue:
 - Nel caso di transizione tra tratte con condizioni litologiche ed idrogeologiche simili, si può ipotizzare la probabile conferma della sezione tipo adottata negli ultimi campi di avanzamento della tratta precedente, sino al determinarsi delle condizioni di applicazione di una sezione tipo diversa (come da linee guida).
 - Nel caso di transizione tra tratte con litologie o altre condizioni fortemente differenti, in questa fase si può solo ipotizzare come sezione iniziale più probabile la sezione tipo percentualmente prevalente nelle previsioni di applicazione per la tratta successiva.
 - In funzione anche della gradualità della transizione,, potranno essere necessarie sezioni tipo miste (come da linee guida).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7 Linee Guida per l'applicazione delle sezioni tipo

Come ampiamente illustrato nel Capitolo precedente, il progetto delle gallerie naturali, è stato sviluppato attraverso:

- la caratterizzazione degli ammassi presenti lungo il tracciato, per mezzo dell'individuazione delle caratteristiche geologiche, litologiche, idrogeologiche e geomeccaniche (fase conoscitiva);
- la previsione di comportamento dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi e la suddivisione del tracciato in sotterraneo in tratte a comportamento geomeccanico omogeneo in funzione dello stato tensionale agente e delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso (fase di diagnosi);
- l'individuazione, per ciascuna tratta definita omogenea, delle sezioni tipo prevalenti (quelle che appaiono in percentuale maggiore sui profili geomeccanici delle gallerie naturali) ed eventualmente di altre sezioni, subordinate alle precedenti, per situazioni diverse da quelle ricorrenti lungo la tratta, ma previste in progetto quali ad esempio: zone di faglia, zone di intensa fratturazione, elevata variabilità dei parametri geomeccanici, tratte a bassa copertura, morfologie particolari, condizioni idrogeologiche particolarmente critiche, possibili interferenze con le preesistenze di superficie (fase di terapia).

Le sezioni tipo prevalenti sono state verificate staticamente in varie condizioni tensionali e considerando parametri geomeccanici rappresentativi all'interno del "range" di valori indicati sui profili geologico-tecnici e geomeccanici per la tratta in esame. Da qui si è potuto dedurre, nell'ambito della sezione tipo prevista, l'applicazione delle variabilità previste per la sezione tipo stessa.

Come previsto dal progetto, le gallerie sono classificate in funzione del comportamento del cavo, con riferimento anche al fronte di scavo, distinguendo tre casi (categorie di comportamento):

- caso A, galleria a fronte e cavità stabili, caratterizzata da fenomeni deformativi che evolvono in campo elastico, immediati e di entità trascurabile;
- caso B, galleria a fronte stabile a breve termine e cavità instabile, caratterizzata da fenomeni di tipo elastico presso il fronte di scavo, che evolvono in campo elasto-plastico con l'avanzamento del fronte;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- caso C, galleria a fronte e cavità instabili, caratterizzata da fenomeni deformativi di tipo plastico fino al collasso che coinvolgono anche il fronte di scavo.

Con le presenti “linee guida” s’intende creare uno strumento che definisce quali saranno i criteri che il progettista adotterà in corso d’opera per:

1. confermare la sezione tipo più adeguata, tra quelle già previste in una determinata tratta e riportate in chiaro sugli elaborati “profili geomeccanici” del progetto Definitivo;
2. variare quegli interventi che, senza modificare strutturalmente le caratteristiche finali dell’opera, devono adeguarsi alle reali condizioni geomeccaniche riscontrate al fronte di avanzamento, nonché al comportamento estrusivo del fronte stesso e deformativo del cavo (questi ultimi come noto sono dipendenti sia dalla natura dell’ammasso in termini geologici, geomeccanici ed idrogeologici, sia dagli stati tensionali preesistenti, così come da quelli conseguenti alle operazioni di scavo);
3. individuare una diversa sezione tipo, tra quelle previste in quella tratta o comunque previste in progetto Definitivo nella stessa formazione, qualora le condizioni realmente riscontrate risultino difformi da quelle ipotizzate.

Per la gestione di tali “linee guida” sarà necessaria la conoscenza dei seguenti elementi e la messa in atto delle seguenti attività sistematiche:

- formazione geologica e coperture in esame;
- raccolta dei dati geologici e geomeccanici rilevabili al fronte che consentono una completa caratterizzazione dell’ammasso in esame, evidenziandone l’intrinseca complessità, caratteristica delle formazioni. Oltre i parametri di resistenza e deformabilità tale caratterizzazione deve contenere, quindi, anche informazioni geostrutturali e di carattere qualitativo, necessarie a completarne la descrizione ai fini progettuali e di comprensione del reale comportamento dell’ammasso allo scavo;
- raccolta dei dati riguardanti le deformazioni superficiali e profonde del fronte (estrusioni) e al contorno del cavo (convergenze) durante l’avanzamento, che consente di valutare in particolare come l’ammasso descritto precedentemente, sottoposto ai reali stati tensionali, si comporta all’azione combinata delle operazioni di scavo e di messa in opera degli interventi di stabilizzazione previsti dalla sezione tipo adottata;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- registrazione di tutte le reali fasi di avanzamento quali ad esempio: distanza dal fronte di messa in opera dei rivestimenti e la successione delle fasi di consolidamento etc. attraverso osservazioni dirette;
- raccolta dei dati relativi a sezioni di monitoraggio esterne (ad esempio nel sottoattraversamento di edifici).

Nelle presenti linee guida sono descritti alcuni parametri essenziali, riscontrabili al fronte, caratterizzanti l'ammasso per i comportamenti A,B,C.

Per ogni sezione tipo dovranno essere definite delle soglie di "attenzione" ed "allarme" inerenti alle deformazioni del fronte e del cavo, a cui far corrispondere quantità maggiori o minori di interventi (previsti variabili) o il cambio di sezione tipo (La definizione delle soglie dovrà essere sviluppata in fase di Progettazione Esecutiva).

E' evidente che tali valori di deformazioni ipotizzati non vanno intesi come l'unica informazione che possa incidere sulle scelte già adottate per una determinata tratta, in quanto le scelte progettuali sono state fatte tenendo conto di un complesso di elementi più significativi del solo parametro deformativo ed illustrati nello sviluppo di tutto il progetto; essi servono soltanto a fornire indicazioni sul campo dei valori deformativi più probabili per le sezioni già indicate in progetto.

Solo quando saranno osservate situazioni geologiche/geomeccaniche sensibilmente differenti da quelle ipotizzate e deformazioni al di fuori dei campi previsti o non tendenti alla stabilizzazione nel tempo o valori deformativi (entità e/o direzione) anomali, il progettista potrà adottare una sezione diversa da quella prevista, attingendo tra quelle indicate nella tratta in esame sui profili geomeccanici del progetto Definitivo.

In linea generale, qualora si verifichi il solo superamento della soglia di attenzione, senza il superamento della soglia di allarme, si potranno allora modificare gli interventi di precontenimento e contenimento della sezione tipo prevista in progetto, secondo quanto riportato nella "variabilità sezione tipo" tenendo peraltro conto anche di tutte le altre informazioni derivanti dallo scavo.

La variabilità è anche legata agli stati tensionali, ovvero alle coperture ed alla presenza d'acqua; la stessa sezione tipo, a coperture e/o parametri geomeccanici diversi, potrà avere un'intensità d'interventi di contenimento e pre-contenimento differenziati.

Si sottolinea inoltre che la variabilità risulta anche legata alle misure delle sezioni di monitoraggio esterne, i valori di subsidenza misurati sul piano campagna potranno portare ad una modifica degli interventi di consolidamento.

Qualora il contesto riscontrato non corrisponda a nessuno di quelle ipotizzati nella tratta in esame,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

e di conseguenza nessuna delle sezioni previste possa essere applicata, ma tuttavia tale contesto sia analogo ad altri presenti lungo il tracciato e descritti nei profili geomeccanici del progetto Definitivo, il progettista individuerà attraverso i medesimi strumenti citati precedentemente, una diversa sezione tipo tra quelle già presenti nel progetto Definitivo ed applicate in altre gallerie. Il caso in cui la situazione riscontrata sia del tutto imprevedibile e non vi siano analogie possibili lungo il tracciato esula dalle presenti linee guida; in tal caso, potranno essere applicate sezioni tipo non previste dal presente progetto, la cui tipologia dovrà essere concordata con l'ENTE APPALTANTE.

7.1 Definizione delle caratteristiche geologiche-geomeccaniche dell'ammasso

Gli ammassi rocciosi e i terreni incontrati lungo il tracciato sono descritti sulla base delle caratteristiche geologiche e geomeccaniche individuate in progetto.

Per comodità di rappresentazione gli ammassi incontrati lungo il tracciato sono raggruppati in "gruppi geomeccanici". Ciò è legato alla variabilità delle caratteristiche di resistenza e deformabilità di alcune formazioni geologiche. Tale variabilità può essere legata alla stessa natura geologica (cicli di deposizione/erosione) alle coperture in esame, alla presenza o meno di acqua, alla vicinanza di altre formazioni geologiche. In linea generale, l'ammasso interessato da uno scavo in sotterraneo può comportarsi in modo differente anche alle stesse coperture in esame. Da qui nasce la necessità di suddividere in gruppi i parametri geotecnici/geomeccanici, ove possibile e/o significativo. Ciò consente di ipotizzare un susseguirsi discontinuo di comportamento allo scavo legato ad una serie di fattori difficilmente correlabili tra loro.

A ciascuna formazione sono stati attribuiti, in sede di progetto, campi di variazione dei principali parametri geomeccanici (c' , ϕ' , E'); tali campi tengono conto sia delle diverse configurazioni che una formazione può presentare nell'ambito dello stesso gruppo che delle coperture in esame.

Tali campi di variazione individuano così una "fascia intrinseca", compresa tra la curva di resistenza inferiore e la curva di resistenza superiore, che definisce univocamente ciascuna porzione di ammasso da un punto di vista geomeccanico.

Nel corso dei lavori, gli ammassi rocciosi e i terreni verranno descritti sulla base delle caratteristiche litologiche, geostrutturali, geomeccaniche e idrogeologiche che si evidenziano sul fronte alla scala della galleria, attraverso rilievi analitici (con prove in situ e/o di laboratorio) e rilievi speditivi.

In particolare, per la parametrizzazione dell'ammasso al fronte e cioè per la definizione della sua curva intrinseca, non si farà ricorso a nessun tipo di classificazione, ma a valutazioni dirette attraverso determinazioni sperimentali (prove in situ e/o laboratorio) durante i rilievi analitici.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tali rilievi vengono condotti secondo le frequenze previste dal programma di monitoraggio, impiegando un'apposita scheda su cui riportare i dati rilevati e gli indici valutati secondo le prescrizioni ISRM, International Society of Rock Mechanics. In particolare, si distinguono due tipi di rilievi:

- a) rilievi analitici che prevedono la compilazione completa della scheda citata e l'eventuale esecuzione di prove e determinazioni in situ e/o di laboratorio. Tali rilievi sono previsti agli imbocchi, in concomitanza dei passaggi stratigrafici e tettonici significativi e comunque secondo le frequenze indicate dal programma di monitoraggio;
- b) rilievi speditivi, che prevedono in particolare il rilievo pittorico del fronte di scavo. Si tratta di un rilievo di tipo qualitativo e di confronto con quello analitico dell'ammasso in esame, che consente comunque al progettista di valutarne le caratteristiche principali.

I rilievi che sono svolti in corso d'opera consentono, in generale, di evidenziare qualitativamente le diverse situazioni in cui una formazione può presentarsi nell'ambito di uno stesso gruppo, definito dalla propria fascia intrinseca, come descritto, a titolo esemplificativo, nei punti seguenti:

- un ammasso che si presenta detensionato, evidenzierà valori dei parametri geomeccanici del relativo gruppo prossimi alla curva intrinseca inferiore;
- un ammasso che al contrario si presenta competente, evidenzierà valori dei parametri geomeccanici prossimi alla curva intrinseca superiore;
- la presenza di acqua, anche sotto forma di stillicidi, soprattutto in presenza di litologie ricche di minerali argillosi, comportano valori dei parametri geomeccanici più prossimi alla curva intrinseca inferiore;
- nei terreni eterogenei, il rapporto tra i litotipi più granulari e più fini determina il rapporto tra i valori di angolo d'attrito e coesione, e quindi diversi andamenti della curva intrinseca;
- in un ammasso stratificato sollecitato in campo elastico, una sfavorevole anisotropia strutturale gioca un ruolo determinante, comportando valori dei parametri geomeccanici più prossimi alla curva intrinseca inferiore;
- al contrario in un ammasso stratificato con stati tensionali più elevati che lo sollecitano in campo elasto-plastico, l'effetto di una sfavorevole anisotropia strutturale è inferiore e il comportamento può essere meglio rapportato a un mezzo omogeneo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7.2 Risposta deformativa del fronte e del cavo

La risposta deformativa del fronte e del cavo rilevabile in corso d'opera, unitamente ai rilievi anzidetti, ha lo scopo di verificare la validità delle sezioni adottate e previste in progetto in termini di:

tipologia ed intensità degli interventi di 1^a fase

- fasi esecutive e cadenze di avanzamento

Essa dipende dalle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso in rapporto agli stati tensionali indotti all'atto dello scavo; il progetto Definitivo fornisce indicazioni sul campo dei valori di convergenza diametrale e di estrusione attesi per ogni sezione tipo.

Tali valori, riferiti al diametro e riportati nel progetto, effettivamente misurabili in corso d'opera sono dati da:

$$\delta = \delta_f - \delta_o$$

dove:

δ_o = deformazione iniziale al fronte e non misurabile in galleria

δ_f = deformazione finale lontano dal fronte, a distanze tipicamente superiori a 2 \varnothing o da definirsi sulla base delle esperienze e dati raccolti

La frequenza con cui procedere al rilievo della risposta deformativa del fronte e del cavo durante gli avanzamenti è indicata nel progetto del monitoraggio e nei profili geomeccanici.

Nel corso dei lavori il rilievo della risposta deformativa del fronte e del cavo viene condotto utilizzando delle apposite schede all'interno delle quali è possibile leggere la risposta deformativa in funzione della distanza del fronte e dei rivestimenti.

Le risultanze di questi rilievi forniscono la reale risposta deformativa del fronte e del cavo. Tale risposta consente di valutare come quei fattori difficilmente schematizzabili e prevedibili a priori, sempre presenti in natura, agiscono sul comportamento del cavo, previsto teoricamente nel progetto.

Tali rilievi consentiranno di verificare qualitativamente lo stato tensionale agente sul cavo mediante la ricostruzione della deformata:

- valori delle deformazioni radiali omogenei nei punti rilevati evidenziano uno stato tensionale di tipo isotropo ($K \approx 1$);
- valori delle deformazioni radiali diversi nei punti rilevati evidenziano stati tensionali diversi da quello isotropo ($K \neq 1$), che si verificano in corrispondenza di:
 - a) zone fortemente tettonizzate ed in presenza di lineamenti tettonici, per cui gli stati

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

tensionali possono subire forti alterazioni, con orientazioni comuni alle azioni tettoniche principali;

b) in corrispondenza di zone corticali e/o parietali, in cui gli stati tensionali sono funzione della morfologia dell'area;

c) all'interno di ammassi a struttura caotica, per cui gli stati tensionali possono subire repentine e continue modificazioni in intensità e orientazione;

d) qualora il fronte di scavo si presenti "parzializzato" ovvero siano presenti due formazioni di diversa natura e comportamento;

e) in presenza di stratificazioni e comunque per coperture confrontabili con il diametro della galleria.

7.3 Fasi esecutive e cadenze di avanzamento

Il progetto definisce per ogni sezione le fasi esecutive e le cadenze di avanzamento, fornendo in particolare le distanze massime dal fronte di avanzamento entro cui porre in opera gli interventi di contenimento di prima e seconda fase (rivestimento di 1a fase, arco rovescio e rivestimento definitivo).

Come accennato, nel corso dei lavori il rilievo delle fasi esecutive e delle cadenze di avanzamento viene condotto secondo particolari schede riportanti ogni dettaglio esecutivo. Ciò al fine di correlare l'andamento delle deformazioni con le fasi lavorative.

Le risultanze di tali rilievi hanno lo scopo di fornire gli elementi necessari per valutare l'influenza delle fasi e delle cadenze di avanzamento sulla risposta deformativa del fronte e del cavo descritta nel paragrafo precedente (ad esempio una più efficace regimazione dei fenomeni deformativi può essere ottenuta rinforzando gli interventi di preconsolidamento al fronte o in alcuni casi avvicinando gli interventi di contenimento quali murette e arco rovescio al fronte).

7.4 Procedura di applicazione delle sezioni tipo e delle relative variabilità

Il progetto, attraverso la caratterizzazione degli ammassi presenti lungo il tracciato e la successiva fase di previsione di comportamento dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi ha definito le tratte a comportamento geomeccanico omogeneo, attribuendone la relativa categoria di comportamento (A,B,C).

All'interno di ciascuna tratta, in sede di progetto, sono state definite nel profilo geomeccanico le sezioni tipo e le relative percentuali di applicazione, in funzione delle caratteristiche geologiche

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dell'ammasso in esame e del grado di instabilità del fronte di avanzamento.

Una volta verificata la rispondenza con le ipotesi di progetto, riguardo alla situazione geologico-geomeccanica e gli stati tensionali con i criteri descritti nei paragrafi precedenti, si procede alla scelta e all'applicazione della sezione tipo prevista per la tratta in esame.

Durante gli avanzamenti verranno raccolti i dati, secondo i criteri indicati nei paragrafi precedenti, riguardo alle condizioni geologiche e geomeccaniche al fronte di avanzamento, la risposta deformativa del fronte e del cavo, le fasi e le cadenze di avanzamento; la loro elaborazione consentirà di confrontare la situazione così riscontrata con quella di progetto e procedere di conseguenza alla gestione del progetto secondo i punti di seguito indicati.

1. Se le condizioni geologiche e geomeccaniche rilevabili al fronte e la risposta deformativa si mantengono all'interno dei valori previsti, si prosegue con l'applicazione della sezione in corso di esecuzione.
2. Se la risposta deformativa manifesta la tendenza a miglioramento o, viceversa al raggiungimento della soglia di attenzione del campo ipotizzato, tendenza confermata dall'evidenza dei precedenti rilievi geologici/geotecnici/geomeccanici, il progettista definirà se procedere alla modifica della distanza dal fronte entro cui eseguire il getto dell'arco rovescio, delle murette, del rivestimento definitivo e/o alla modifica dell'intensità degli interventi, nell'ambito dei range di variabilità previsti per la sezione adottata.
3. Se le condizioni geologiche e geomeccaniche rilevate al fronte di avanzamento manifestano un miglioramento ovvero un peggioramento rispetto al rilievo precedente (pur rimanendo nell'ambito dei parametri caratterizzanti la tratta) il progettista, valuta la possibilità di procedere alla modifica dell'intensità degli interventi nell'ambito dei ranges di variabilità previsti per quella sezione e di seguito descritti, anche con modeste variazioni dei parametri deformativi (ad esempio in categoria di comportamento B0 la struttura dell'ammasso gioca un ruolo determinante ai fini della definizione dell'intensità degli interventi di 1a fase, anche a fronte di deformazioni trascurabili).

I valori e le misure registrate in corso d'opera dovranno essere interpretate globalmente, osservando il loro andamento; eventuali oscillazioni anomale delle misure, attribuibili ad un malfunzionamento o ad un incorretto posizionamento dello strumento di misura, dovranno essere escluse.

Nell'ambito di una stessa tratta a comportamento geomeccanico "omogeneo" possono essere

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

presenti diverse sezioni tipo, oltre a quella prevalente la cui percentuale di applicazione è definita in progetto in funzione di:

- caratteristiche geologiche e geostrutturali dell'ammasso,
- caratteristiche geomeccaniche e idrogeologiche dell'ammasso,
- stato tensionale agente,
- possibili disturbi di natura tettonica

Quando le situazioni geologiche/geomeccaniche osservate risultano sensibilmente differenti da quelle ipotizzate e le deformazioni sono al di fuori dei campi previsti, si procede al passaggio ad una diversa sezione tipo, tra quelle previste in progetto per quella tratta.

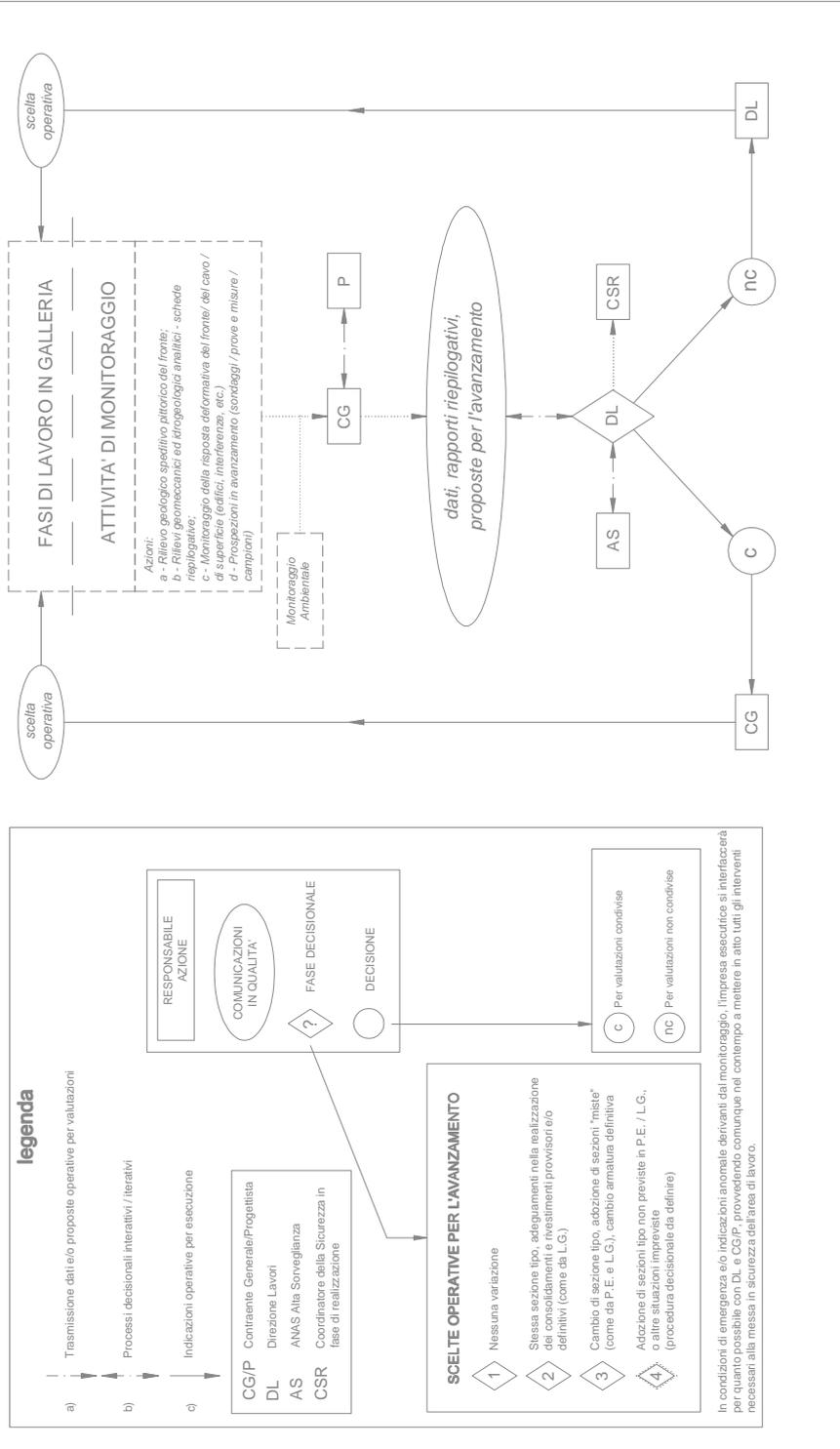
Qualora la situazione riscontrata non corrisponda a nessuna di quelle ipotizzate nella tratta in esame, e di conseguenza nessuna delle sezioni tipo previste possa essere adottata, ma tuttavia tale situazione sia analoga ad altre ipotizzate lungo il tracciato, si procederà all'adozione di una diversa sezione tipo, non prevista in quella tratta, ma già prevista in progetto in altre gallerie in contesti analoghi.

Nel passaggio da una sezione ad un'altra con differenti limitazioni esecutive si procederà con l'adeguamento, in maniera graduale, per quanto possibile, in modo da evitare la perdita della continuità operativa del cantiere. In questa ottica, nell'ambito del progetto costruttivo si adotteranno quei criteri di flessibilità esecutiva che consentano la massima velocità di avanzamento e quindi tali da ridurre al minimo lo sviluppo reologico temporale del processo di detensionamento e rilassamento dell'ammasso al contorno e sul fronte.

7.5 Quadro decisionale linee guida

Di seguito si riporta uno schema che illustra i processi logici (con indicazione delle figure coinvolte) che intervengono nella definizione della scelta di sezione tipo.

QUADRO DECISIONALE LINEE GUIDA



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7.6 Analisi del Rischio

I profili geologico – geomeccanici longitudinali di previsione individuano una serie di rischi intraformazionali dell’ammasso per lo scavo delle gallerie, con conseguenze sulla scelta, dapprima della metodologia di scavo, meccanizzato o in tradizionale, quindi sulla tipologia degli interventi e dei sostegni da porre in opera in fase di scavo ed in definitiva sul dimensionamento del rivestimento definitivo.

Considerando le litologie presenti, le condizioni geostrukturali, le condizioni idrauliche, il possibile comportamento dell’ammasso allo scavo e le condizioni al contorno, sono state prese in esame le seguenti tipologie di problematiche, così come sono indicate nell’analisi del rischio riportata nei profili geologico – geomeccanici di previsione:

rischi collegati alle caratteristiche dell’ammasso

instabilità del fronte e/o del cavo per la presenza di zone tettonizzate

instabilità del fronte e/o del cavo in presenza di basse coperture

Presenza di trovanti

Fenomeni di “swelling”

Venute d’acqua concentrate

Presenza di acque aggressive

presenza di trovanti

Fenomeni di dissoluzione

fenomeni di subsidenza/interferenza con opere in superficie

variabilità litologica del fronte di scavo

Nel seguito saranno presentati i principali tipi di rischi valutati.

7.6.1 Rischi legati alle caratteristiche dell’ammasso

Instabilità del fronte e/o del cavo: fenomeni di instabilità del fronte e/o del cavo della galleria dipendono sostanzialmente dalla presenza di zone tettonizzate e/o singole zone di faglia, dalle basse coperture e dalla presenza di contesti peculiari geomeccanici, quali ad esempio una debole scarsa cementazione del terreno. Le zone di bassa copertura (in genere inferiore a 30 metri) possono comportare problemi in fase di scavo e rischio elevato, in particolare in corrispondenza delle zone antropizzate.

Fenomeni di subsidenza/interferenza con opere in superficie: in ammassi poco consistenti e/o in

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

presenza di basse coperture lo scavo della galleria può provocare eccessive deformazioni sul piano campagna con conseguenti effetti di danno sulle strutture preesistenti.

Variabilità litologica del fronte di scavo: Questo tipo di problematica si manifesta generalmente al contatto tra differenti formazioni rocciose. In queste situazioni la variabilità delle caratteristiche geomeccaniche lungo il fronte di scavo può indurre la nascita di superfici di scorrimento preferenziali lungo cui si verificano eventuali splaccaggi.

Presenza di trovanti: Questa problematica è legata al rischio potenziale di presenza di blocchi di dimensioni notevoli immersi in una matrice terrigena.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale	<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0

8 “RAMO A”

SEZIONE TIPO	CAMPO DI APPLICAZIONE	TIPO DI CARREGGIATA	PRECONS. FRONTE	PRECONS. CONTORNO	PRESOSTEGNO	SPRITZ BETON	CENTINE	ARMATURA RIV.
C1L	Applicata nelle zone di contatto lito-stratigrafico tra i depositi superficiali o le ghiaie di Messina e i conglomerati di pezzo.	STANDARD	VTR CEMENTATI	JET Dn600	TUBI IN ACCIAIO SU 120°	25cm	2IPN180/100	Zone soggette a rischio sismico (basse coperture/zone di faglia/passaggi stratigrafici particolari/zone di attacco galleria-by-pass .
C1Lall	Applicata nelle zone di contatto lito-stratigrafico tra i depositi superficiali o le ghiaie di Messina e i conglomerati di pezzo.	ALLARGO - BANCHINA SX MAX 1,45m	VTR CEMENTATI	JET Dn600	TUBI IN ACCIAIO SU 120°	25cm	2IPN220/100	Zone soggette a rischio sismico (basse coperture/zone di faglia/passaggi stratigrafici particolari/zone di attacco galleria-by-pass .
C1all	Applicata nella formazione delle "GHIAIE E SABBIE DI MESSINA Gruppo Geomeccanico 2" per coperture maggiori di 25m circa e sino a coperture massime di 100m circa.	ALLARGO - BANCHINA SX MAX 1,45m	MICRO JET ARMATO CON TUBI VTR	JET Dn600	-	25cm	2IPN220/100	Zone soggette a rischio sismico (basse coperture/zone di faglia/passaggi stratigrafici particolari/zone di attacco galleria-by-pass .
B2Vall	Applicata come sezione tipo prevalente nella formazione del "CONGLOMERATO DI PEZZO" gruppo geomeccanico 2 e nella formazione delle Plutoniti in zone tettonizzate e fratturate	ALLARGO - BANCHINA SX MAX 1,45m	VTR CEMENTATI	INIEZIONI	TUBI IN ACCIAIO SU 120°	25cm	2IPN200/100	Zone soggette a rischio sismico (basse coperture/zone di faglia/passaggi stratigrafici particolari/zone di attacco galleria-by-pass .
B2VP	Applicata come sezione tipo prevalente nella formazione del "CONGLOMERATO DI PEZZO" gruppo geomeccanico 2	PIAZZOLA DI SOSTA + allargo MAX 1,45m	VTR CEMENTATI	INIEZIONI	TUBI IN ACCIAIO SU 120°	30cm	2IPN260/90	La sezione risulta sempre armata.
B0	Applicata come sezione tipo prevalente nella formazione delle "PLUTONITI" indipendentemente dal gruppo geomeccanico e dalle coperture. La sezione è applicata anche nella formazione del "CONGLOMERATO DI PEZZO" nel caso di ammasso poco fratturato e per coperture elevate	STANDARD	-	-	-	25cm	2IPN180/100	Zone soggette a rischio sismico (basse coperture/zone di faglia/passaggi stratigrafici particolari/zone di attacco galleria-by-pass .

Tabella 8 Sintesi sezioni tipo applicate

STRADALE CALABRIA “RAMO A” SOGLIE DI ATTENZIONE E ALLARME(*)					
CARATT. GALLERIA		SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME	SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME
FORMAZIONE	SEZ.TIPO	CONV. DIAMETRALE (cm)	CONV. DIAMETRALE (cm)	ESTRUSIONE (cm)	ESTRUSIONE (cm)
CDP GR3/GHM	C1L	5	7	4	6
CDP GR3/GHM	C1L_ALL	5	7	5	7
GHM	C1_ALL	5	7	5	7
CDP GR2/GR3	B2Vall	4	6	4	6
CDP GR2/GR3	B2VP	5	7	5	7
PLU	B0	4	6	3	5

(*) Valori medi indicativi. I valori indicati potranno subire locali modifiche in sede Costruttiva in relazione alle reali condizioni di scavo riscontrate.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8.1 Analisi lungo il tracciato e sintesi delle criticità

Di seguito si riporta una sintesi delle litologie incontrate lungo il tracciato della galleria naturale RAMO A.

A partire dall'imbocco lato Messina fino all'incirca alla progressiva 1+250, lo scavo della galleria si svilupperà all'interno della formazione del Conglomerato di Pezzo. All'incirca attorno alla progressiva 1+000, si segnala la presenza di possibile interferenza in calotta, della formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina, con potenziale pericolo per la stabilità del fronte di scavo.

Dalla progressiva 1+250 circa alla progressiva 1+450 circa, lo scavo di previsione potrà presentarsi a fronte misto, ovvero con la potenziale presenza di ghiaie e sabbie di Messina, in chiave, Trubi e Conglomerato di Pezzo.

Tali problematiche ricoprono una notevole importanza se messe in relazione alle coperture modeste presenti in questo tratto di tracciato e la diffusa presenza di alcuni centri abitativi interessati dallo scavo dell'opera.

Inoltre questa tratta si trova all'interno di due importanti lineamenti di faglia, pertanto l'ammasso potrebbe presentarsi in condizioni estremamente alterate e/o fratturate.

A partire dalla progressiva 1+450 circa alla progressiva 1+750 circa, lo scavo si svilupperà nuovamente all'interno della formazione del conglomerato di Pezzo, dalla progressiva 1+750 circa lo scavo avverrà all'interno del basamento costituito da Plutoniti granitoidi, fino alla progressiva 2+100 circa. Da questa progressiva all'imbocco lato Reggio lo scavo si troverà nuovamente all'interno del Conglomerato di Pezzo.

Gli studi effettuati sulle possibili interferenze con gli edifici presenti hanno evidenziato una modesta influenza dello scavo sulle preesistenze. Non si esclude tuttavia che in alcuni casi si debba avanzare, per minimizzare le subsidenze prodotte dallo scavo in superficie, mediante l'applicazione di particolari tecnologie di consolidamento e l'impiego di un passo centine ridotto. In generale le analisi di danno non hanno messo in evidenza la necessità di prevedere ulteriori interventi preventivi, intesi come consolidamenti dall'alto.

Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico dei terreni attraversati, la rampa A interessa inizialmente i depositi conglomeratico-sabbiosi miocenici prima dell'imbocco in galleria e quindi si sviluppa all'interno degli stessi depositi dove viene presumibilmente intercettata una zona satura tra il Km 1,00 ed il Km 1,200. In base ai dati disponibili la piezometrica si pone ad una quota tra 70 e 90 m s.l.m. e pertanto procedendo in tale tratto la galleria sarebbe soggetta ad una carico

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

idraulico statico variabile fino ad un massimo di 20 m circa.

Tra le progressive Km 700 e Km 900 l'intercettazione di presumibili condizioni strutturali, lungo le quali si può avere una maggiore veicolazione delle acque di infiltrazione, potrebbe determinare venute d'acqua non trascurabili durante lo scavo.

In relazione alle possibili principali criticità morfologiche i processi di dissesto nell'area possono essere sintetizzati come segue:

- 1) Possibile occorrenza di fenomeni alluvionali, con coinvolgimento dei tratti terminali dei principali torrenti, ove si possono avere esondazioni e/o la deiezione dell'elevato trasporto solido, di cui i coni alluvionali rappresentano la testimonianza.
- 2) Processi di instabilità diffusi sui versanti locali e che si esplicano sia tramite processi erosivi *lato sensu* (degradazione) sia tramite fenomeni franosi che abbracciano un'ampia tipologia di cinematismi.

Per il Ramo A le condizioni di pericolosità più significative in relazione alle opere da realizzare sono comunque concentrate lungo tutta la scarpata compresa tra il fiume S. Trada e la zona di imposta dell'opera principale.

In particolare, l'imbocco lato nord ramo A ed il relativo tracciato sono previsti in tratti di versante caratterizzati dalla presenza di diversi fenomeni franosi e – più in generale – da dissesti legati a processi di degradazione ed erosione/trasporto ad opera delle acque incanalate.



Figura 36 - Stralcio della Carta geomorfologica della Calabria, dove si evidenziano le interferenze tra movimenti franosi ed opere di progetto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Infatti, sebbene come evidenziato dalla stessa Figura 36 il tracciato della rampa A non interagisce direttamente con i corpi di frana riconosciuti e cartografati (distanza planimetrica dagli imbocchi dei tratti in sotterraneo o passaggio sotto coperture relativamente alte), è da considerare che la realizzazione delle opere di progetto comporterà una variazione degli stati tensionali agenti sulla scarpata potenzialmente in grado di indurre deformazioni che si traducono in riattivazioni e/o attivazioni di fenomeni franosi. A tale proposito si segnala pertanto la necessità di prevedere un piano di monitoraggio per controllare la risposta deformativa del versante rispetto alla variazione degli stati tensionali indotta dalla realizzazione delle opere.

8.2 Sezione tipo C1 e C1 (+1.45)

Campo di applicazione

La sezione di tipo C1 si applica nel litotipo delle Ghiaie e Sabbie di Messina, costituito da ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane, con basso grado di cementazione. Detta tipologia di sezione viene applicata per coperture maggiori di 25m, qualora i parametri geomeccanici appartengono alla fascia media del campo di variabilità attribuito al gruppo geomeccanico 2 di tale formazione.

Per l'attraversamento di questa formazione si è di fatto confermato quanto già ipotizzato nel Progetto Preliminare da Stretto di Messina, e cioè l'utilizzo di una sezione di avanzamento in scavo tradizionale costituita da un consolidamento suborizzontale jet – grouting $\phi 600$ al contorno del cavo e da un consolidamento del fronte realizzato con microjet $\phi 300$ armato con barre in VTR. Per le modalità esecutive e le possibili tecnologie alternative si vedano il Paragrafo 12.3.

Tale tecnologia è una delle più efficaci in terreni sciolti e granulari, in quanto la loro elevata permeabilità e porosità permette generalmente di ottenere una forte cementazione, con notevoli volumi di materiale trattato. E' così possibile per quanto riguarda il contorno della sezione creare un arco portante continuo avente caratteristiche di resistenza decisamente incrementate rispetto a quelle del terreno naturale.

Quale procedimento esecutivo si impiegherà il «sistema monofluido», prevedente l'utilizzo di un unico fluido nel contempo disgregante e stabilizzante, costituito da una sospensione a base di cemento.

Le modalità operative, i parametri di intervento e la tipologia di sospensione dovranno essere definite in apposito campo prova.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORMAZIONE		GHIAIE E SABBIE			
SEZIONE TIPO C1	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX	
		Campo di avanzamento (m)	12	9	9
		Centine (2IPN)	160	180	220
		Passo centine (m)	1,00	1,00	1,00
		Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
		Consolidamento fronte MJET (n°)	45	58	70
		Lunghezza MJET (m)	18	15	18
		Consolidamento al contorno JET (n°)	52	63	75
		Lunghezza JET (m)	16	14	18
		Dmax raccomandata getto a.r e murette	3.0Φ	1.5Φ	1.5Φ
		Dmax raccomandata getto calotta	9.0Φ	6.0Φ	6.0Φ

FORMAZIONE		CONGLOMERATO			
SEZIONE TIPO C1 ALLARGO+1,45	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX	
		Campo di avanzamento (m)	12	9	9
		Centine (2IPN)	200	220	240
		Passo centine (m)	1,00	1,00	1,00
		Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
		Consolidamento fronte MJET (n°)	52	65	78
		Lunghezza MJET (m)	18	15	18
		Consolidamento al contorno JET (n°)	52	65	78
		Lunghezza JET (m)	16	14	18
		Dmax raccomandata getto a.r e murette	3.0Φ	1.5Φ	1.5Φ
		Dmax raccomandata getto calotta	9.0Φ	6.0Φ	6.0Φ

8.3 Sezione tipo C1_IN e C1_IN (+1.45)

Campo di applicazione

La sezione di tipo C1_IN si applica nel litotipo delle Ghiaie e Sabbie di Messina, costituito da ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane, con basso grado di cementazione. Detta tipologia di sezione viene applicata per coperture sino a 25m, qualora i parametri geomeccanici appartengono alla fascia media del campo di variabilità attribuito al gruppo geomeccanico 2 di tale formazione.

Tale sezione, oltre a quanto già descritto per la sezione tipo C1, prevede l'armatura del consolidamento al contorno mediante tubi in acciaio $\phi 114.3\text{mm}$ sp.10mm sui 120°.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORMAZIONE		GHIAIE E SABBIE, CONGLOMERATO		
C1_IN	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	9	9
	Centine (2IPN)	160	180	220
	Passo centine (m)	1,00	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte MJET (n°)	45	58	70
	Lunghezza MJET (m)	18	15	18
	Consolidamento al contorno JET (n°)	52	63	75
	Lunghezza JET (m)	16	14	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	3.0Φ	1.5Φ	1.5Φ
	Dmax raccomandata getto calotta	9.0Φ	6.0Φ	6.0Φ

8.4 Sezione tipo C1 Piazzola Allargata (+1.45)

Campo di applicazione

La sezione si applica nel litotipo delle Ghiaie e Sabbie di Messina, costituito da ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane, con basso grado di cementazione, nei tratti in cui siano previsti allarghi per visibilità e/o piazzole di emergenza e sosta.

Tale sezione, oltre a quanto già descritto per la sezione tipo C1, prevede la realizzazione del jet-grouting al contorno mediante tecnologia in avanzamento con armatura del consolidamento con tubi in acciaio $\phi 168,3\text{mm}$ sp.8mm sui 120° (l'adozione di un'armatura tubolare di diametro maggiore è dovuta a modalità operative e tecnologiche legate alla natura del terreno).

Per le sezioni allargate, dove si avranno volumi di scavo estremamente importanti (superiori ai 200 mq) e si è preferito adottare questo accorgimento tecnologico per contenere i volumi persi, anziché ricorrere a maggiori quantitativi di consolidamento (ad esempio doppie coronelle jet – grouting, vedi Capitolo 12) e/o l'utilizzo di scavi con cunicoli di piedritto.

Nel Ramo A tale sezione attualmente non è prevista, in quanto dalle evidenze attuali le sezioni di piazzola ricadono nella formazione del Conglomerato di Pezzo, a cui è associata una diversa sezione tipo di avanzamento. Non si esclude tuttavia che lo stato di fratturazione del conglomerato possa richiedere, in relazione anche alle dimensioni di scavo, l'applicazione anche localizzata della sezione descritta

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORMAZIONE		GHIAIE E SABBIE		
SEZIONE TIPO C1 PIAZZOLA +1.45	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	9	9	9
	Centine (2IPN)	240	260	260
	Passo centine (m)	1,00	0,90	0,75
	Spessore sb (m)	0,3	0,3	0,30
	Consolidamento fronte MJET (n°)	80	100	120
	Lunghezza MJET (m)	15	18	18
	Consolidamento al contorno JET (n°)	75	93	112
	Lunghezza JET (m)	14	14	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	3.0Φ	1.5Φ	1.5Φ
	Dmax raccomandata getto calotta	9.0Φ	6.0Φ	6.0Φ

8.5 Sezione tipo C1_L e C1_L (+1.45)

Campo di applicazione

La sezione di tipo C1_L si applica nelle zone di contatto tra i depositi superficiali o il litotipo delle Ghiaie e Sabbie di Messina, e la formazione del Conglomerato di Pezzo.

Per l'attraversamento di questa particolare zona di transizione si è di fatto confermato quanto già ipotizzato per il consolidamento della sezione tipo C1, adattando il consolidamento al fronte alle esigenze tecniche esecutive. Infatti qualora nel corso degli scavi si incontrino fronti di scavo non trattabili con la tecnologia del jet, non potendo più eseguire i trattamenti in micro-jet (non sarebbe operativamente possibile creare delle colonne di diametro sufficiente e quindi l'intervento perderebbe di efficacia), il consolidamento del fronte vien previsto tramite l'utilizzo di tubi in VTR semplicemente cementati o valvolati.

La scelta tra tubi standard e valvolati è compiuta dal progettista in funzione delle caratteristiche d'ammasso; in ammassi poco fratturati o coesivi è preferibile eseguire VTR semplicemente cementati, viceversa in ammassi fratturati o incoerenti l'intervento con valvole garantisce una migliore distribuzione della miscela cementizia nel nucleo.

La sezione è da considerarsi una sezione di transizione tra la sezione C1 e C1_IN, utilizzata nelle ghiaie di Messina, e la sezione B2V applicata nei Conglomerati di Pezzo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORMAZIONE		GHIAIE E SABBIE, CONGLOMERATO		
SEZIONE TIPO C1L	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	9	9
	Centine (2IPN)	160	180	220
	Passo centine (m)	1,00	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte VTR (n°)	50	60	75
	Lunghezza VTR (m)	18	18	18
	Consolidamento al contorno JET (n°)	40	49	60
	Lunghezza JET (m)	16	14	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	3.0Φ	1.5Φ	1.5Φ
	Dmax raccomandata getto calotta	9.0Φ	6.0Φ	6.0Φ

FORMAZIONE		GHIAIE E SABBIE, CONGLOMERATO		
SEZIONE TIPO C1L ALLARGO +1.45	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	9	9
	Centine (2IPN)	200	220	240
	Passo centine (m)	1,00	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte VTR (n°)	56	70	85
	Lunghezza VTR (m)	18	18	18
	Consolidamento al contorno JET (n°)	43	53	65
	Lunghezza JET (m)	16	14	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	3.0Φ	1.5Φ	1.5Φ
	Dmax raccomandata getto calotta	9.0Φ	6.0Φ	6.0Φ

8.6 Sezione tipo B2V e B2V (+1.45)

Campo di applicazione

La sezione tipo B2V si applica nel litotipo dei Conglomerati di Pezzo, costituito da un conglomerato poligenico ed eterometrico, a matrice arenacea, da poco a mediamente fino a ben cementato, a stratificazione poco distinta a volte completamente assente. Detta tipologia di sezione viene applicata indipendentemente dalle coperture, qualora i parametri geomeccanici appartengono alla fascia media del campo di variabilità attribuito al gruppo geomeccanico 3 di tale formazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORMAZIONE		CONGLOMERATI DI PEZZO (GR 3), TRUBI		
SEZIONE TIPO B2V	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	12	9
	Centine (2IPN)	180	180	200
	Passo centine (m)	1,20	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte VTR (n°)	50	60	75
	Lunghezza VTR (m)	18	21	18
	Consolidamento al contorno (n°)	42	52	62
	Lunghezza (m)	18	18	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	6.0Φ	3.0Φ	1.5Φ
	Dmax raccomandata getto calotta	12.0Φ	6.0Φ	6.0Φ

FORMAZIONE		CONGLOMERATI DI PEZZO (GR 3), TRUBI		
SEZIONE TIPO B2V ALLARGO	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	12	9
	Centine (2IPN)	180	200	220
	Passo centine (m)	1,00	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte VTR (n°)	58	70	85
	Lunghezza VTR (m)	18	21	18
	Consolidamento al contorno (n°)	45	56	68
	Lunghezza (m)	18	18	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	6.0Φ	1.5Φ	1.5Φ
	Dmax raccomandata getto calotta	12.0Φ	6.0Φ	6.0Φ

8.7 Sezione tipo B2V Piazzola Allargata (+1.45)

Campo di applicazione

La sezione tipo B2V si applica nel litotipo dei Conglomerati di Pezzo, costituito da un conglomerato poligenico ed eterometrico, a matrice arenacea, da poco a mediamente fino a ben cementato, a stratificazione poco distinta a volte completamente assente. Detta tipologia di sezione viene applicata indipendentemente dalle coperture, qualora i parametri geomeccanici appartengono alla fascia media del campo di variabilità attribuito al gruppo geomeccanico 3 di tale formazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

		CONGLOMERATI DI PEZZO (GR 3)		
SEZIONE TIPO B2V PIAZZOLA +1.45	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	9	9
	Centine (2IPN)	240	260	260
	Passo centine (m)	1,00	0,90	0,75
	Spessore sb (m)	0,30	0,30	0,30
	Consolidamento fronte VTR (n°)	120	151	180
	Lunghezza VTR (m)	18	18	18
	Consolidamento al contorno (n°)	60	73	88
	Lunghezza (m)	16	14	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	6.0Φ	3.0Φ	1.5Φ
	Dmax raccomandata getto calotta	12.0Φ	6.0Φ	6.0Φ

8.8 Sezione tipo B0

Campo di applicazione

La sezione tipo B0 si applica nel litotipo dei Conglomerati di Pezzo, costituito da un conglomerato poligenico ed eterometrico, a matrice arenacea, da poco a mediamente fino a ben cementato, a stratificazione poco distinta a volte completamente assente. Detta tipologia di sezione viene applicata indipendentemente dalle coperture, qualora i parametri geomeccanici appartengono alla fascia media del campo di variabilità attribuito al gruppo geomeccanico 1 e 2 di tale formazione, ovvero in presenza di comportamento lapideo dell'ammasso e basso grado di fratturazione.

La sezione è prevista inoltre all'interno della Formazione delle Plutoniti costituita da rocce cristalline granitoidi, indipendentemente dal gruppo geomeccanico di appartenenza. In caso di elevato grado di fratturazione dell'ammasso si può generare la caduta di cunei instabili, e potrebbe essere necessario operare in sicurezza proteggendo la volta della galleria con una coronella di tubi metallici (B0V) e/o un consolidamento localizzato del fronte.

FORMAZIONE		CONGLOMERATO, PLUTONITI		
SEZIONE TIPO B0	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Centine (2IPN)	180	180	200
	Passo centine (m)	1,40	1,20	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	9.0Φ	6.0Φ	3.0Φ
	Dmax raccomandata getto calotta	12.0Φ	12.0Φ	6.0Φ

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8.9 Applicazione di una diversa sezione tipo

Nei paragrafi precedenti si è detto che se i parametri di riferimento saranno tali da essere diversi da quelli ipotizzati, si potrà procedere ad una variazione degli interventi o al passaggio ad una diversa sezione tipo tra quelle previste per quella tratta.

Nel caso però che, a seguito dei rilievi condotti nel corso degli avanzamenti, si evidenzino nella tratta in scavo, una situazione geologica-geomeccanica attraverso la quale si riscontrano chiaramente caratteristiche geomeccaniche al di fuori di quelle previste nel contesto progetto, il progettista valuterà se adottare una diversa sezione tipo tra quelle previste in progetto nell'ambito della stessa galleria.

In generale, comunque, il passaggio da una sezione tipo ad un'altra potrà avvenire in modo graduale: il progettista potrà adottare dei criteri flessibili di variazione della specifica sezione, ottimizzando gli elementi previsti, in modo che, da una parte, sia garantita la continuità e la sicurezza delle lavorazioni in cantiere e, dall'altra sia lasciato inalterato il livello prestazionale dell'opera.

In questa ottica nell'ambito del progetto Definitivo si adotteranno quei criteri di flessibilità esecutiva che consentano la massima velocità di avanzamento e tali da ridurre al minimo lo sviluppo reologico temporale del processo di detensionamento e rilassamento dell'ammasso al contorno e sul fronte.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9 “RAMO B”

SEZIONE TIPO	CAMPO DI APPLICAZIONE	TIPO DI CARREGGIATA	PRECONS. FRONTE	PRECONS. CONTORNO	PRESOSTEGNO	SPRITZ.BETON	CENTINE	ARMATURA RIV.
C1L	Applicata nelle zone di contatto lito-stratigrafico tra i depositi superficiali o le ghiaie di Messina e i conglomerati di Pezzo.	STANDARD	VTR CEMENTATI	JET Dn600	TUBI IN ACCIAIO SU 120°	25cm	2IPN180/100	Zone soggette a rischio sismico (basse coperture/zone di faglia/passaggi stratigrafici particolari/zone di attacco galleria-by-pass .
B2V	Applicata come sezione tipo prevalente nella formazione del "CONGLOMERATO DI PEZZO" gruppo geomecanico 2 e nella formazione delle Plutoniti in zone tettonizzate e fratturate	STANDARD	VTR CEMENTATI	INIEZIONI	TUBI IN ACCIAIO SU 120°	25cm	2IPN180/100	Zone soggette a rischio sismico (basse coperture/zone di faglia/passaggi stratigrafici particolari/zone di attacco galleria-by-pass .
C1N	Applicata nella formazione delle "GHIAIE E SABBIE DI MESSINA Gruppo Geomeccanico 2" per coperture inferiori ai 25m circa.	STANDARD	MICROJET ARMATI CON VTR	JET Dn600	TUBI IN ACCIAIO SU 120°	25cm	2IPN180/100	Zone soggette a rischio sismico (basse coperture/zone di faglia/passaggi stratigrafici particolari/zone di attacco galleria-by-pass .

Tabella 9 Sintesi sezioni tipo applicate

STRADALE CALABRIA “RAMO B” SOGLIE DI ATTENZIONE E ALLARME(*)					
CARATT. GALLERIA		SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME	SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME
FORMAZIONE	SEZ.TIPO	CONV. DIAMETRALE (cm)	CONV. DIAMETRALE (cm)	ESTRUSIONE (cm)	ESTRUSIONE (cm)
CDP GR3/GHM	C1L	5	7	4	6
GHM	C1	5	7	5	7
CDP GR2/GR3	B2V	4	6	4	6

(*) Valori medi indicativi. I valori indicati potranno subire locali modifiche in sede Costruttiva in relazione alle reali condizioni di scavo riscontrate.

9.1 Analisi lungo il tracciato e sintesi delle criticità

Di seguito si riporta una sintesi delle litologie incontrate lungo il tracciato della galleria naturale RAMO B.

A partire dall'imbocco lato Messina fino all'incirca alla progressiva 0+350 circa, lo scavo si troverà in condizioni di fronte misto, ovvero con la presenza della formazione delle ghiaie e sabbie di Messina, quindi si svilupperà all'interno del conglomerato di Pezzo, fino alla progressiva 0+650 circa. A partire dalla progressiva 0+650 circa fino all'imbocco lato Reggio, lo scavo si svilupperà completamente all'interno della formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina.

Gli studi effettuati sulle possibili interferenze con gli edifici presenti hanno evidenziato una modesta

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

influenza dello scavo sulle preesistenze. Non si esclude tuttavia che in alcuni casi si debba avanzare, per minimizzare le subsidenze prodotte dallo scavo in superficie, mediante l'applicazione di particolari tecnologie di consolidamento e l'impiego di un passo centine ridotto. In generale le analisi di danno non hanno messo in evidenza la necessità di prevedere ulteriori interventi preventivi, intesi come consolidamenti dall'alto.

Dal punto di vista idrogeologico i terreni affioranti nel settore in esame presentano sostanziali differenze di comportamento nei confronti dell'infiltrazione delle acque meteoriche e della circolazione idrica al loro interno.

Nelle zone a più alta quota, dove affiorano in prevalenza le metamorfiti, la permeabilità è bassa, dipendendo principalmente dallo stato di fessurazione dell'ammasso roccioso e quindi dalla frequenza, distribuzione e tipologia delle discontinuità di origine tettonica. Lungo le fasce collinari, caratterizzate da notevole eterogeneità litologica, le condizioni risultano molto variabili da luogo a luogo per la presenza di termini a permeabilità differente per tipo e grado. Nelle piane costiere e lungo i fondovalle, dove più estesi e consistenti sono i depositi alluvionali, si riscontrano condizioni di permeabilità per porosità da alta a media, che favoriscono l'esistenza di corpi idrici relativamente estesi e localmente di apprezzabile produttività.

Il tracciato della rampa B si sviluppa in galleria, analogamente alla rampa A, interessando tra le progressive Km 0,350 e Km 0,800 le stesse condizioni stratigrafico-strutturali descritte nel caso precedente. Nel tratto più meridionale, in base ai pochi dati disponibili, si può ipotizzare che la piezometrica venga intercettata dalla galleria ad una quota tra 60 e 70 m s.l.m., in corrispondenza del passaggio dalla zona collinare alla piana costiera, dove presumibilmente la variazione morfologica è determinata da un sistema di linee tettoniche.

In relazione alle possibili principali criticità morfologiche i processi di dissesto nell'area possono essere sintetizzati come segue:

- 1) Possibile occorrenza di fenomeni alluvionali, con coinvolgimento dei tratti terminali dei principali torrenti, ove si possono avere esondazioni e/o la deiezione dell'elevato trasporto solido, di cui i coni alluvionali rappresentano la testimonianza.
- 2) Processi di instabilità diffusi sui versanti locali e che si esplicano sia tramite processi erosivi *lato sensu* (degradazione) sia tramite fenomeni franosi che abbracciano un'ampia tipologia di cinematismi.

Per il Ramo B non si sono evidenziate particolari condizioni di pericolosità geomorfologica.

9.2 Sezione tipo C1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Campo di applicazione

La sezione di tipo C1 si applica nel litotipo delle Ghiaie e Sabbie di Messina, costituito da ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane, con basso grado di cementazione. Detta tipologia di sezione viene applicata per coperture maggiori di 25m, qualora i parametri geomeccanici appartengono alla fascia media del campo di variabilità attribuito al gruppo geomeccanico 2 di tale formazione.

Per l'attraversamento di questa formazione si è di fatto confermato quanto già ipotizzato nel Progetto Preliminare da Stretto di Messina, e cioè l'utilizzo di una sezione di avanzamento in scavo tradizionale costituita da un consolidamento suborizzontale jet – grouting $\phi 600$ al contorno del cavo e da un consolidamento del fronte realizzato con microjet $\phi 300$ armato con barre in VTR. Per le modalità esecutive e le possibili tecnologie alternative si vedano il Paragrafo 12.3.

Tale tecnologia è una delle più efficaci in terreni sciolti e granulari, in quanto la loro elevata permeabilità e porosità permette generalmente di ottenere una forte cementazione, con notevoli volumi di materiale trattato. E' così possibile per quanto riguarda il contorno della sezione creare un arco portante continuo avente caratteristiche di resistenza decisamente incrementate rispetto a quelle del terreno naturale.

Quale procedimento esecutivo si impiegherà il «sistema monofluido», prevedente l'utilizzo di un unico fluido nel contempo disgregante e stabilizzante, costituito da una sospensione a base di cemento.

Le modalità operative, i parametri di intervento e la tipologia di sospensione dovranno essere definite in apposito campo prova.

FORMAZIONE		GHIAIE E SABBIE		
SEZIONE TIPO C1	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	9	9
	Centine (2IPN)	160	180	200
	Passo centine (m)	1,00	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte MJET (n°)	36	42	54
	Lunghezza MJET (m)	18	15	18
	Consolidamento al contorno JET (n°)	46	56	68
	Lunghezza JET (m)	16	14	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	3.0 Φ	1.5 Φ	1.5 Φ
	Dmax raccomandata getto calotta	9.0 Φ	6.0 Φ	6.0 Φ

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9.3 Sezione tipo C1_IN

Campo di applicazione

La sezione di tipo C1_IN si applica nel litotipo delle Ghiaie e Sabbie di Messina, costituito da ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane, con basso grado di cementazione. Detta tipologia di sezione viene applicata per coperture sino a 25m, qualora i parametri geomeccanici appartengono alla fascia media del campo di variabilità attribuito al gruppo geomeccanico 2 di tale formazione.

Tale sezione, oltre a quanto già descritto per la sezione tipo C1, prevede l'armatura del consolidamento al contorno mediante tubi in acciaio $\phi 114.3\text{mm}$ sp.10mm sui 120°.

FORMAZIONE		GHIAIE E SABBIE		
SEZIONE TIPO C1_IN	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	9	9
	Centine (2IPN)	160	180	200
	Passo centine (m)	1,00	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte MJET (n°)	36	42	54
	Lunghezza MJET (m)	18	15	18
	Consolidamento al contorno JET (n°)	46	56	68
	Lunghezza JET (m)	16	14	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	3.0 Φ	1.5 Φ	1.5 Φ
	Dmax raccomandata getto calotta	9.0 Φ	6.0 Φ	6.0 Φ

9.4 Sezione tipo C1_L

Campo di applicazione

La sezione di tipo C1_L si applica nelle zone di contatto tra i depositi superficiali o il litotipo delle Ghiaie e Sabbie di Messina, e la formazione del Conglomerato di Pezzo.

Per l'attraversamento di questa particolare zona di transizione si è di fatto confermato quanto già ipotizzato per il consolidamento della sezione tipo C1, adattando il consolidamento al fronte alle esigenze tecniche esecutive. Infatti qualora nel corso degli scavi si incontrino fronti di scavo non trattabili con la tecnologia del jet, non potendo più eseguire i trattamenti in micro-jet (non sarebbe operativamente possibile creare delle colonne di diametro sufficiente e quindi l'intervento perderebbe di efficacia), il consolidamento del fronte vien previsto tramite l'utilizzo di tubi in VTR

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

semplicemente cementati o valvolati.

La scelta tra tubi standard e valvolati è compiuta dal progettista in funzione delle caratteristiche d'ammasso; in ammassi poco fratturati o coesivi è preferibile eseguire VTR semplicemente cementati, viceversa in ammassi fratturati o incoerenti l'intervento con valvole garantisce una migliore distribuzione della miscela cementizia nel nucleo.

La sezione è da considerarsi una sezione di transizione tra la sezione C1 e C1_IN, utilizzata nelle ghiaie di Messina, e la sezione B2V applicata nei Conglomerati di Pezzo.

FORMAZIONE		GHIAIE E SABBIE/ CONGLOMERATI GR3		
SEZIONE TIPO C1L	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	9	9
	Centine (2IPN)	160	180	200
	Passo centine (m)	1,00	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte VTR (n°)	36	44	54
	Lunghezza VTR (m)	18	15	18
	Consolidamento al contorno JET (n°)	34	42	60
	Lunghezza JET (m)	16	14	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	3.0Φ	1.5Φ	1.5Φ
	Dmax raccomandata getto calotta	9.0Φ	6.0Φ	6.0Φ

9.5 Sezione tipo B2V

Campo di applicazione

La sezione tipo B2V si applica nel litotipo dei Conglomerati di Pezzo, costituito da un conglomerato poligenico ed eterometrico, a matrice arenacea, da poco a mediamente fino a ben cementato, a stratificazione poco distinta a volte completamente assente. Detta tipologia di sezione viene applicata indipendentemente dalle coperture, qualora i parametri geomeccanici appartengono alla fascia media del campo di variabilità attribuito al gruppo geomeccanico 3 di tale formazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

SEZIONE TIPO B2V	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	12	9
	Centine (2IPN)	160	180	200
	Passo centine (m)	1,00	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte VTR (n°)	36	44	52
	Lunghezza VTR (m)	18	21	18
	Consolidamento al contorno (n°)	36	45	54
	Lunghezza (m)	18	18	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	6.0Φ	3.0Φ	1.5Φ
Dmax raccomandata getto calotta	12.0Φ	6.0Φ	6.0Φ	

9.6 Applicazione di una diversa sezione tipo

Nei paragrafi precedenti si è detto che se i parametri di riferimento saranno tali da essere diversi da quelli ipotizzati, si potrà procedere ad una variazione degli interventi o al passaggio ad una diversa sezione tipo tra quelle previste per quella tratta.

Nel caso però che, a seguito dei rilievi condotti nel corso degli avanzamenti, si evidenzino nella tratta in scavo, una situazione geologica-geomeccanica attraverso la quale si riscontrano chiaramente caratteristiche geomeccaniche al di fuori di quelle previste nel contesto progetto, il progettista valuterà se adottare una diversa sezione tipo tra quelle previste in progetto nell'ambito della stessa galleria.

In generale, comunque, il passaggio da una sezione tipo ad un'altra potrà avvenire in modo graduale: il progettista potrà adottare dei criteri flessibili di variazione della specifica sezione, ottimizzando gli elementi previsti, in modo che, da una parte, sia garantita la continuità e la sicurezza delle lavorazioni in cantiere e, dall'altra sia lasciato inalterato il livello prestazionale dell'opera.

In questa ottica nell'ambito del progetto Definitivo si adotteranno quei criteri di flessibilità esecutiva che consentano la massima velocità di avanzamento e tali da ridurre al minimo lo sviluppo reologico temporale del processo di detensionamento e rilassamento dell'ammasso al contorno e sul fronte.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale	<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0

10 “RAMO C”

SEZIONE TIPO	CAMPO DI APPLICAZIONE	TIPO DI CARREGGIATA	PRECONS. FRONTE	PRECONS. CONTORNO	PRESOSTEGNO	SPRITZ BETON	CENTINE	ARMATURA RIV.
B2V	Applicata nella formazione del "CONGLOMERATO DI PEZZO".	STANDARD	VTR CEMENTATI	INIEZIONI	TUBI IN ACCIAIO SU 120"	25cm	2IPN180/100	Zone soggette a rischio sismico (basse coperture/zone di faglia/passaggi stratigrafici particolari/zone di attacco galleria-by-pass .
B0	Applicata in percentuale ridotta nella formazione del "CONGLOMERATO DI PEZZO" nel caso di ammasso poco fratturato e per coperture elevate	STANDARD	-	-	-	25cm	2IPN180/100	Zone soggette a rischio sismico (basse coperture/zone di faglia/passaggi stratigrafici particolari/zone di attacco galleria-by-pass .
C1L	Applicata nelle zone di contatto lito-stratigrafico tra i depositi superficiali o le ghiaie di Messina e i conglomerati di pezzo.	STANDARD	VTR CEMENTATI	JET Dn600	TUBI IN ACCIAIO SU 120"	25cm	2IPN180/100	Zone soggette a rischio sismico (basse coperture/zone di faglia/passaggi stratigrafici particolari/zone di attacco galleria-by-pass .

Tabella 10 Sintesi sezioni tipo applicate

STRADALE CALABRIA “RAMO C” SOGLIE DI ATTENZIONE E ALLARME(*)					
CARATT. GALLERIA		SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME	SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME
FORMAZIONE	SEZ.TIPO	CONV. DIAMETRALE (cm)	CONV. DIAMETRALE (cm)	ESTRUSIONE (cm)	ESTRUSIONE (cm)
CDP GR3/GHM	C1L	5	7	4	6
CDP GR2/GR3	B2V	4	6	4	6
CDP GR1/GR2	B0	4	6	3	5

(*) Valori medi indicativi. I valori indicati potranno subire locali modifiche in sede Costruttiva in relazione alle reali condizioni di scavo riscontrate.

10.1 Analisi lungo il tracciato e sintesi delle criticità

Di seguito si riporta una sintesi delle litologie incontrate lungo il tracciato della galleria naturale.

A partire dall'imbocco lato Messina fino all'incirca alla progressiva 1+100 – 1+120, lo scavo è previsto interamente all'interno del Conglomerato di Pezzo.

A partire da questa progressiva circa fino all'imbocco lato Reggio, lo scavo si svilupperà completamente all'interno della substrato cristallino, costituito dalle plutonici granitoidi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tali problematiche ricoprono una notevole importanza se messe in relazione alle coperture modeste presenti in questo tratto di tracciato e la diffusa presenza di alcuni centri abitativi interessati dallo scavo dell'opera.

Gli studi effettuati sulle possibili interferenze con gli edifici presenti hanno evidenziato una modesta influenza dello scavo sulle preesistenze. Non si esclude tuttavia che in alcuni casi si debba avanzare, per minimizzare le subsidenze prodotte dallo scavo in superficie, mediante l'applicazione di particolari tecnologie di consolidamento e l'impiego di un passo centine ridotto. In generale le analisi di danno non hanno messo in evidenza la necessità di prevedere ulteriori interventi preventivi, intesi come consolidamenti dall'alto.

Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico dei terreni attraversati, il tratto in galleria della rampa C interessa per un lungo tratto il complesso conglomeratico miocenico, tra le progressive 0,600 e 0,850, intercettando verosimilmente la falda ivi contenuta la cui piezometrica si pone ad una quota variabile tra 80 m e 100 m s.l.m.. Pertanto, in relazione alla quota della galleria, variabile tra 70 m e 80 m s.l.m., lo scavo procederebbe in zona satura con un carico idraulico di 10-20 m circa. Anche in questo caso l'attraversamento del sistema di faglie evidenziato nel caso delle altre rampe potrebbe determinare un maggiore apporto idrico durante lo scavo in corrispondenza della zona maggiormente fratturata.

In relazione alle possibili principali criticità morfologiche i processi di dissesto nell'area possono essere sintetizzati come segue:

- 1) Possibile occorrenza di fenomeni alluvionali, con coinvolgimento dei tratti terminali dei principali torrenti, ove si possono avere esondazioni e/o la deiezione dell'elevato trasporto solido, di cui i coni alluvionali rappresentano la testimonianza.
- 2) Processi di instabilità diffusi sui versanti locali e che si esplicano sia tramite processi erosivi *lato sensu* (degradazione) sia tramite fenomeni franosi che abbracciano un'ampia tipologia di cinematismi.

Per il Ramo C le condizioni di pericolosità più significative in relazione alle opere da realizzare sono comunque concentrate lungo tutta la scarpata compresa tra il fiume S. Trada e la zona di imposta dell'opera principale.

In particolare, l'imbocco lato nord ramo C ed il relativo tracciato sono previsti in tratti di versante caratterizzati dalla presenza di diversi fenomeni franosi e – più in generale – da dissesti legati a processi di degradazione ed erosione/trasporto ad opera delle acque incanalate.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

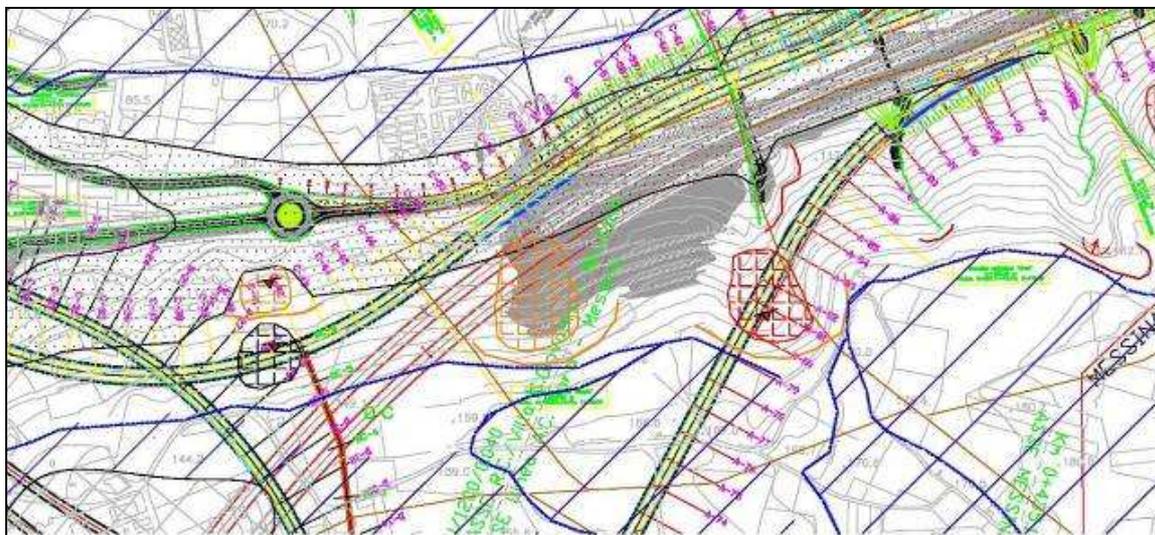


Figura 37 - Stralcio della Carta geomorfologica della Calabria, dove si evidenziano le interferenze tra movimenti franosi ed opere di progetto.

Infatti, sebbene come evidenziato dalla stessa Figura 37 il tracciato della rampa C non interagisce direttamente con i corpi di frana riconosciuti e cartografati (distanza planimetrica dagli imbocchi dei tratti in sotterraneo o passaggio sotto coperture relativamente alte), è da considerare che la realizzazione delle opere di progetto comporterà una variazione degli stati tensionali agenti sulla scarpata potenzialmente in grado di indurre deformazioni che si traducono in riattivazioni e/o attivazioni di fenomeni franosi. A tale proposito si segnala pertanto la necessità di prevedere un piano di monitoraggio per controllare la risposta deformativa del versante rispetto alla variazione degli stati tensionali indotta dalla realizzazione delle opere.

10.2 Sezione tipo C1

Campo di applicazione

La sezione di tipo C1 si applica nel litotipo delle Ghiaie e Sabbie di Messina, costituito da ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane, con basso grado di cementazione. Detta tipologia di sezione viene applicata per coperture maggiori di 25m, qualora i parametri geomeccanici appartengono alla fascia media del campo di variabilità attribuito al gruppo geomeccanico 2 di tale formazione.

Per l'attraversamento di questa formazione si è di fatto confermato quanto già ipotizzato nel Progetto Preliminare da Stretto di Messina, e cioè l'utilizzo di una sezione di avanzamento in scavo tradizionale costituita da un consolidamento suborizzontale jet – grouting $\phi 600$ al contorno del

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

cavo e da un consolidamento del fronte realizzato con microjet $\phi 300$ armato con barre in VTR. Per le modalità esecutive e le possibili tecnologie alternative si vedano il Paragrafo 12.3.

Tale tecnologia è una delle più efficaci in terreni sciolti e granulari, in quanto la loro elevata permeabilità e porosità permette generalmente di ottenere una forte cementazione, con notevoli volumi di materiale trattato. E' così possibile per quanto riguarda il contorno della sezione creare un arco portante continuo avente caratteristiche di resistenza decisamente incrementate rispetto a quelle del terreno naturale.

Quale procedimento esecutivo si impiegherà il «sistema monofluido», prevedente l'utilizzo di un unico fluido nel contempo disgregante e stabilizzante, costituito da una sospensione a base di cemento.

Le modalità operative, i parametri di intervento e la tipologia di sospensione dovranno essere definite in apposito campo prova.

FORMAZIONE		GHIAIE E SABBIE		
SEZIONE TIPO C1	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	9	9
	Centine (2IPN)	160	180	220
	Passo centine (m)	1,00	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte MJET (n°)	45	58	70
	Lunghezza MJET (m)	18	15	18
	Consolidamento al contorno JET (n°)	52	63	75
	Lunghezza JET (m)	16	14	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	3.0 Φ	1.5 Φ	1.5 Φ
	Dmax raccomandata getto calotta	9.0 Φ	6.0 Φ	6.0 Φ

10.3 Sezione tipo C1_IN

Campo di applicazione

La sezione di tipo C1_IN si applica nel litotipo delle Ghiaie e Sabbie di Messina, costituito da ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane, con basso grado di cementazione. Detta tipologia di sezione viene applicata per coperture sino a 25m, qualora i parametri geomeccanici appartengono alla fascia media del campo di variabilità attribuito al gruppo geomeccanico 2 di tale formazione.

Tale sezione, oltre a quanto già descritto per la sezione tipo C1, prevede l'armatura del

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

consolidamento al contorno mediante tubi in acciaio $\phi 114.3\text{mm}$ sp.10mm sui 120°.

FORMAZIONE		GHIAIE E SABBIE, CONGLOMERATO		
C1_IN	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	9	9
	Centine (2IPN)	160	180	220
	Passo centine (m)	1,00	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte MJET (n°)	45	58	70
	Lunghezza MJET (m)	18	15	18
	Consolidamento al contorno JET (n°)	52	63	75
	Lunghezza JET (m)	16	14	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	3.0 Φ	1.5 Φ	1.5 Φ
	Dmax raccomandata getto calotta	9.0 Φ	6.0 Φ	6.0 Φ

10.4 Sezione tipo C1_L

Campo di applicazione

La sezione di tipo C1_L si applica nelle zone di contatto tra i depositi superficiali o il litotipo delle Ghiaie e Sabbie di Messina, e la formazione del Conglomerato di Pezzo.

Per l'attraversamento di questa particolare zona di transizione si è di fatto confermato quanto già ipotizzato per il consolidamento della sezione tipo C1, adattando il consolidamento al fronte alle esigenze tecniche esecutive. Infatti qualora nel corso degli scavi si incontrino fronti di scavo non trattabili con la tecnologia del jet, non potendo più eseguire i trattamenti in micro-jet (non sarebbe operativamente possibile creare delle colonne di diametro sufficiente e quindi l'intervento perderebbe di efficacia), il consolidamento del fronte vien previsto tramite l'utilizzo di tubi in VTR semplicemente cementati o valvolati.

La scelta tra tubi standard e valvolati è compiuta dal progettista in funzione delle caratteristiche d'ammasso; in ammassi poco fratturati o coesivi è preferibile eseguire VTR semplicemente cementati, viceversa in ammassi fratturati o incoerenti l'intervento con valvole garantisce una migliore distribuzione della miscela cementizia nel nucleo.

La sezione è da considerarsi una sezione di transizione tra la sezione C1 e C1_IN, utilizzata nelle ghiaie di Messina, e la sezione B2V applicata nei Conglomerati di Pezzo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORMAZIONE		GHIAIE E SABBIE, CONGLOMERATO		
SEZIONE TIPO C1L	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	9	9
	Centine (2IPN)	160	180	220
	Passo centine (m)	1,00	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte VTR (n°)	50	60	75
	Lunghezza VTR (m)	18	18	18
	Consolidamento al contorno JET (n°)	40	49	60
	Lunghezza JET (m)	16	14	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	3.0Φ	1.5Φ	1.5Φ
	Dmax raccomandata getto calotta	9.0Φ	6.0Φ	6.0Φ

10.5 Sezione tipo B2V

Campo di applicazione

La sezione tipo B2V si applica nel litotipo dei Conglomerati di Pezzo, costituito da un conglomerato poligenico ed eterometrico, a matrice arenacea, da poco a mediamente fino a ben cementato, a stratificazione poco distinta a volte completamente assente. Detta tipologia di sezione viene applicata indipendentemente dalle coperture, qualora i parametri geomeccanici appartengono alla fascia media del campo di variabilità attribuito al gruppo geomeccanico 3 di tale formazione.

FORMAZIONE		CONGLOMERATI DI PEZZO (GR 3), TRUBI		
SEZIONE TIPO B2V	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	12	9
	Centine (2IPN)	180	180	200
	Passo centine (m)	1,20	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte VTR (n°)	50	60	75
	Lunghezza VTR (m)	18	21	18
	Consolidamento al contorno (n°)	42	52	62
	Lunghezza (m)	18	18	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	6.0Φ	3.0Φ	1.5Φ
	Dmax raccomandata getto calotta	12.0Φ	6.0Φ	6.0Φ

10.6 Applicazione di una diversa sezione tipo

Nei paragrafi precedenti si è detto che se i parametri di riferimento saranno tali da essere diversi da quelli ipotizzati, si potrà procedere ad una variazione degli interventi o al passaggio ad una Eurolink S.C.p.A.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

diversa sezione tipo tra quelle previste per quella tratta.

Nel caso però che, a seguito dei rilievi condotti nel corso degli avanzamenti, si evidenzino nella tratta in scavo, una situazione geologica-geomeccanica attraverso la quale si riscontrano chiaramente caratteristiche geomeccaniche al di fuori di quelle previste nel contesto progetto, il progettista valuterà se adottare una diversa sezione tipo tra quelle previste in progetto nell'ambito della stessa galleria.

In generale, comunque, il passaggio da una sezione tipo ad un'altra potrà avvenire in modo graduale: il progettista potrà adottare dei criteri flessibili di variazione della specifica sezione, ottimizzando gli elementi previsti, in modo che, da una parte, sia garantita la continuità e la sicurezza delle lavorazioni in cantiere e, dall'altra sia lasciato inalterato il livello prestazionale dell'opera.

In questa ottica nell'ambito del progetto Definitivo si adotteranno quei criteri di flessibilità esecutiva che consentano la massima velocità di avanzamento e tali da ridurre al minimo lo sviluppo reologico temporale del processo di detensionamento e rilassamento dell'ammasso al contorno e sul fronte.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale	<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0

11 “RAMO D”

SEZIONE TIPO	CAMPO DI APPLICAZIONE	TIPO DI CARREGGIATA	PRECONS. FRONTE	PRECONS. CONTORNO	PRESOSTEGNO	SPRITZ BETON	CENTINE	ARMATURA RIV.
B2V	Applicata come sezione tipo prevalente nella formazione del "CONGLOMERATO DI PEZZO" gruppo geomeccanico 2 e nella formazione delle Plutoniti in zone tettonizzate e fratturate	STANDARD	VTR CEMENTATI	INIEZIONI	TUBI IN ACCIAIO SU 120"	25cm	2IPN180/100	Zone soggette a rischio sismico (basse coperture/zone di faglia/passaggi stratigrafici particolari/zone di attacco galleria-by-pass .
B2VP	Applicata come sezione tipo prevalente nella formazione del "CONGLOMERATO DI PEZZO" gruppo geomeccanico 2 e nella formazione delle Plutoniti in zone tettonizzate e fratturate	PIAZZOLA DI SOSTA	VTR CEMENTATI	INIEZIONI	TUBI IN ACCIAIO SU 120"	25cm	2IPN200/100	La sezione risulta sempre armata.
C1L	Applicata nelle zone di contatto litostatigrafico tra i depositi superficiali o le ghiaie di Messina e i conglomerati di pezzo.	STANDARD	JET Dn600	TUBI IN ACCIAIO SU 120"	TUBI IN ACCIAIO SU 120"	25cm	2IPN180/100	Zone soggette a rischio sismico (basse coperture/zone di faglia/passaggi stratigrafici particolari/zone di attacco galleria-by-pass .

Tabella 11 Sintesi sezioni tipo applicate

STRADALE CALABRIA “RAMO C” SOGLIE DI ATTENZIONE E ALLARME(*)					
CARATT. GALLERIA		SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME	SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME
FORMAZIONE	SEZ.TIPO	CONV. DIAMETRALE (cm)	CONV. DIAMETRALE (cm)	ESTRUSIONE (cm)	ESTRUSIONE (cm)
CDP GR3/GHM	C1L	5	7	4	6
CDP GR2/GR3	B2V	4	6	4	6
CDP GR2/GR3	B2VP	5	7	5	7

(*) Valori medi indicativi. I valori indicati potranno subire locali modifiche in sede Costruttiva in relazione alle reali condizioni di scavo riscontrate.

11.1 Analisi lungo il tracciato e sintesi delle criticità

Di seguito si riporta una sintesi delle litologie incontrate lungo il tracciato della galleria naturale RAMO D.

A partire dall'imbocco lato Messina fino all'incirca alla progressiva 0+980 circa, lo scavo si troverà interamente all'interno del Conglomerato di Pezzo. Dalla progressiva 0+980 circa alla progressiva 1+120 circa, lo scavo di previsione potrà presentarsi a fronte misto, ovvero con la potenziale presenza di Trubi e Conglomerato di Pezzo. Inoltre questa tratta si trova all'interno di due importanti lineamenti di faglia, pertanto l'ammasso potrebbe presentarsi in condizioni

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

estremamente alterate e/o fratturate.

A partire dalla progressiva 1+120 circa fino all'imbocco lato Reggio, lo scavo si svilupperà completamente all'interno della formazione del Conglomerato di Pezzo.

Gli studi effettuati sulle possibili interferenze con gli edifici presenti hanno evidenziato una modesta influenza dello scavo sulle preesistenze. Non si esclude tuttavia che in alcuni casi si debba avanzare, per minimizzare le subsidenze prodotte dallo scavo in superficie, mediante l'applicazione di particolari tecnologie di consolidamento e l'impiego di un passo centine ridotto. In generale le analisi di danno non hanno messo in evidenza la necessità di prevedere ulteriori interventi preventivi, intesi come consolidamenti dall'alto.

Da un punto di vista idrogeologico, il tracciato della rampa D presenta le stesse problematiche delle altre opere viarie. Il tratto tra le progressive 0,500 m e 0,800 m interessa la falda dei conglomerati miocenici, con la piezometrica a quota variabile tra 80 m e 100 m s.l.m.. Poiché la galleria si sviluppa a quota di circa 60-70 m s.l.m., essa procede in tale tratto in zona satura con un carico idraulico variabile tra 14 e 35 m.

In relazione alle possibili principali criticità morfologiche i processi di dissesto nell'area possono essere sintetizzati come segue:

- 1) Possibile occorrenza di fenomeni alluvionali, con coinvolgimento dei tratti terminali dei principali torrenti, ove si possono avere esondazioni e/o la deiezione dell'elevato trasporto solido, di cui i coni alluvionali rappresentano la testimonianza.
- 2) Processi di instabilità diffusi sui versanti locali e che si esplicano sia tramite processi erosivi *lato sensu* (degradazione) sia tramite fenomeni franosi che abbracciano un'ampia tipologia di cinematismi.

Per il Ramo D non si sono evidenziate particolari condizioni di pericolosità geomorfologica.

11.2 Sezione tipo C1

Campo di applicazione

La sezione di tipo C1 si applica nel litotipo delle Ghiaie e Sabbie di Messina, costituito da ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane, con basso grado di cementazione. Detta tipologia di sezione viene applicata per coperture maggiori di 25m, qualora i parametri geomeccanici appartengono alla fascia media del campo di variabilità attribuito al gruppo geomeccanico 2 di tale formazione.

Per l'attraversamento di questa formazione si è di fatto confermato quanto già ipotizzato nel

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Progetto Preliminare da Stretto di Messina, e cioè l'utilizzo di una sezione di avanzamento in scavo tradizionale costituita da un consolidamento suborizzontale jet – grouting $\phi 600$ al contorno del cavo e da un consolidamento del fronte realizzato con microjet $\phi 300$ armato con barre in VTR. Per le modalità esecutive e le possibili tecnologie alternative si vedano il Paragrafo 12.3.

Tale tecnologia è una delle più efficaci in terreni sciolti e granulari, in quanto la loro elevata permeabilità e porosità permette generalmente di ottenere una forte cementazione, con notevoli volumi di materiale trattato. E' così possibile per quanto riguarda il contorno della sezione creare un arco portante continuo avente caratteristiche di resistenza decisamente incrementate rispetto a quelle del terreno naturale.

Quale procedimento esecutivo si impiegherà il «sistema monofluido», prevedente l'utilizzo di un unico fluido nel contempo disgregante e stabilizzante, costituito da una sospensione a base di cemento.

Le modalità operative, i parametri di intervento e la tipologia di sospensione dovranno essere definite in apposito campo prova.

FORMAZIONE		GHIAIE E SABBIE		
SEZIONE TIPO C1	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	9	9
	Centine (2IPN)	160	180	200
	Passo centine (m)	1,00	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte MJET (n°)	36	42	54
	Lunghezza MJET (m)	18	15	18
	Consolidamento al contorno JET (n°)	46	56	68
	Lunghezza JET (m)	16	14	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	3.0 Φ	1.5 Φ	1.5 Φ
	Dmax raccomandata getto calotta	9.0 Φ	6.0 Φ	6.0 Φ

11.3 Sezione tipo C1_IN

Campo di applicazione

La sezione di tipo C1_IN si applica nel litotipo delle Ghiaie e Sabbie di Messina, costituito da ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane, con basso grado di cementazione. Detta tipologia di sezione viene applicata per coperture sino a 25m, qualora i

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

parametri geomeccanici appartengono alla fascia media del campo di variabilità attribuito al gruppo geomeccanico 2 di tale formazione.

Tale sezione, oltre a quanto già descritto per la sezione tipo C1, prevede l'armatura del consolidamento al contorno mediante tubi in acciaio $\phi 114.3\text{mm}$ sp.10mm sui 120°.

FORMAZIONE		GHIAIE E SABBIE		
SEZIONE TIPO C1_IN	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	9	9
	Centine (2IPN)	160	180	200
	Passo centine (m)	1,00	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte MJET (n°)	36	42	54
	Lunghezza MJET (m)	18	15	18
	Consolidamento al contorno JET (n°)	46	56	68
	Lunghezza JET (m)	16	14	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	3.0 Φ	1.5 Φ	1.5 Φ
Dmax raccomandata getto calotta	9.0 Φ	6.0 Φ	6.0 Φ	

11.4 Sezione tipo C1_L

Campo di applicazione

La sezione di tipo C1_L si applica nelle zone di contatto tra i depositi superficiali o il litotipo delle Ghiaie e Sabbie di Messina, e la formazione del Conglomerato di Pezzo.

Per l'attraversamento di questa particolare zona di transizione si è di fatto confermato quanto già ipotizzato per il consolidamento della sezione tipo C1, adattando il consolidamento al fronte alle esigenze tecniche esecutive. Infatti qualora nel corso degli scavi si incontrino fronti di scavo non trattabili con la tecnologia del jet, non potendo più eseguire i trattamenti in micro-jet (non sarebbe operativamente possibile creare delle colonne di diametro sufficiente e quindi l'intervento perderebbe di efficacia), il consolidamento del fronte vien previsto tramite l'utilizzo di tubi in VTR semplicemente cementati o valvolati.

La scelta tra tubi standard e valvolati è compiuta dal progettista in funzione delle caratteristiche d'ammasso; in ammassi poco fratturati o coesivi è preferibile eseguire VTR semplicemente cementati, viceversa in ammassi fratturati o incoerenti l'intervento con valvole garantisce una migliore distribuzione della miscela cementizia nel nucleo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La sezione è da considerarsi una sezione di transizione tra la sezione C1 e C1_IN, utilizzata nelle ghiaie di Messina, e la sezione B2V applicata nei Conglomerati di Pezzo.

FORMAZIONE		GHIAIE E SABBIE/ CONGLOMERATI GR3		
SEZIONE TIPO C1L	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	9	9
	Centine (2IPN)	160	180	200
	Passo centine (m)	1,00	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte VTR (n°)	36	44	54
	Lunghezza VTR (m)	18	15	18
	Consolidamento al contorno JET (n°)	34	42	60
	Lunghezza JET (m)	16	14	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	3.0Φ	1.5Φ	1.5Φ
	Dmax raccomandata getto calotta	9.0Φ	6.0Φ	6.0Φ

11.5 Sezione tipo B2V

Campo di applicazione

La sezione tipo B2V si applica nel litotipo dei Conglomerati di Pezzo, costituito da un conglomerato poligenico ed eterometrico, a matrice arenacea, da poco a mediamente fino a ben cementato, a stratificazione poco distinta a volte completamente assente. Detta tipologia di sezione viene applicata indipendentemente dalle coperture, qualora i parametri geomeccanici appartengono alla fascia media del campo di variabilità attribuito al gruppo geomeccanico 3 di tale formazione.

SEZIONE TIPO B2V	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	12	9
	Centine (2IPN)	160	180	200
	Passo centine (m)	1,00	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte VTR (n°)	36	44	52
	Lunghezza VTR (m)	18	21	18
	Consolidamento al contorno (n°)	36	45	54
	Lunghezza (m)	18	18	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	6.0Φ	3.0Φ	1.5Φ
Dmax raccomandata getto calotta	12.0Φ	6.0Φ	6.0Φ	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.6 Sezione tipo B2V Piazzola

Campo di applicazione

La sezione tipo B2V si applica nel litotipo dei Conglomerati di Pezzo, costituito da un conglomerato poligenico ed eterometrico, a matrice arenacea, da poco a mediamente fino a ben cementato, a stratificazione poco distinta a volte completamente assente. Detta tipologia di sezione viene applicata indipendentemente dalle coperture, qualora i parametri geomeccanici appartengono alla fascia media del campo di variabilità attribuito al gruppo geomeccanico 3 di tale formazione.

		CONGLOMERATI DI PEZZO (GR 3)		
SEZIONE TIPO B2V PIAZZOLA	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	12	9
	Centine (2IPN)	180	200	240
	Passo centine (m)	1,00	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,3	0,30
	Consolidamento fronte VTR (n°)	56	70	100
	Lunghezza VTR (m)	18	21	18
	Consolidamento al contorno (n°)	48	59	72
	Lunghezza (m)	18	18	18
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	6.0Φ	3.0Φ	1.5Φ
Dmax raccomandata getto calotta	12.0Φ	6.0Φ	6.0Φ	

11.7 Sezione tipo B0

Campo di applicazione

La sezione tipo B0 si applica nel litotipo dei Conglomerati di Pezzo, costituito da un conglomerato poligenico ed eterometrico, a matrice arenacea, da poco a mediamente fino a ben cementato, a stratificazione poco distinta a volte completamente assente. Detta tipologia di sezione viene applicata indipendentemente dalle coperture, qualora i parametri geomeccanici appartengono alla fascia media del campo di variabilità attribuito al gruppo geomeccanico 1 e 2 di tale formazione, ovvero in presenza di comportamento lapideo dell'ammasso e basso grado di fratturazione.

La sezione è prevista inoltre all'interno della Formazione delle Plutoniti costituita da rocce cristalline granitoidi, indipendentemente dal gruppo geomeccanico di appartenenza. In caso di elevato grado di fratturazione dell'ammasso si può generare la caduta di cunei instabili, e potrebbe

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

essere necessario operare in sicurezza proteggendo la volta della galleria con una coronella di tubi metallici (B0V) e/o un consolidamento localizzato del fronte.

FORMAZIONE		CONGLOMERATO		
SEZIONE TIPO B0	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Centine (2IPN)	160	180	220
	Passo centine (m)	1,20	1,20	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Dmax raccomandata getto a.r e murette	9.0Φ	6.0Φ	3.0Φ
	Dmax raccomandata getto calotta	12.0Φ	12.0Φ	6.0Φ

11.8 Applicazione di una diversa sezione tipo

Nei paragrafi precedenti si è detto che se i parametri di riferimento saranno tali da essere diversi da quelli ipotizzati, si potrà procedere ad una variazione degli interventi o al passaggio ad una diversa sezione tipo tra quelle previste per quella tratta.

Nel caso però che, a seguito dei rilievi condotti nel corso degli avanzamenti, si evidenzi nella tratta in scavo, una situazione geologica-geomeccanica attraverso la quale si riscontrano chiaramente caratteristiche geomeccaniche al di fuori di quelle previste nel contesto progetto, il progettista valuterà se adottare una diversa sezione tipo tra quelle previste in progetto nell'ambito della stessa galleria.

In generale, comunque, il passaggio da una sezione tipo ad un'altra potrà avvenire in modo graduale: il progettista potrà adottare dei criteri flessibili di variazione della specifica sezione, ottimizzando gli elementi previsti, in modo che, da una parte, sia garantita la continuità e la sicurezza delle lavorazioni in cantiere e, dall' altra sia lasciato inalterato il livello prestazionale dell' opera.

In questa ottica nell'ambito del progetto Definitivo si adotteranno quei criteri di flessibilità esecutiva che consentano la massima velocità di avanzamento e tali da ridurre al minimo lo sviluppo reologico temporale del processo di detensionamento e rilassamento dell' ammasso al contorno e sul fronte.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12 Tecnologie alternative e prescrizioni

12.1 Tecnologie alternative di perforazione

In corso d'opera si potrà valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione (a secco) utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscela cementizia, acqua additivata con agente schiumogeno, ...) in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e previa esecuzione di adeguate prove in sito, atte a garantire:

- ai fini del consolidamento del terreno, caratteristiche funzionali e di resistenza non inferiori a quanto fornito seguendo le attuali prescrizioni;
- l'assenza di problemi connessi alla "sensibilità" dei terreni interessati dalle perforazioni;
- condizioni di inghisaggio analoghe a quelle ottenute con la perforazione a secco.

La lunghezza dei consolidamenti al fronte e al contorno potrà essere diversa da quanto riportato nei relativi elaborati: andrà di conseguenza valutata la necessità di adeguare le geometrie di esecuzione previste in progetto.

In corso d'opera è prevista l'alternativa di utilizzare elementi in vetroresina e acciaio autoperforanti al contorno dello scavo; detti elementi presentano il vantaggio di velocizzare le operazioni di consolidamento in fase di scavo, infatti l'inserimento degli elementi strutturali risulta contemporaneo alla fase di perforazione; inoltre, in ammassi a basse caratteristiche geomeccaniche, detti elementi permettono di evitare la "chiusura" o allentamento al contorno del foro di perforazione (vedi Paragrafo 12.3 e quanto evidenziato per il trattamento al contorno mediante jet grouting $\phi 600$ eseguito in avanzamento).

12.2 Tecnologie alternative per l'armatura dello spritz-beton

Nell'ambito delle tecnologie da applicare per la realizzazione delle gallerie naturali è previsto per l'esecuzione del prriverimento l'impiego di calcestruzzo proiettato, armato con centine metalliche e rete oppure con centine metalliche e fibre in acciaio.

Entrambe le tecnologie della rete e del fibrorinforzato risultano perfettamente equivalenti dal punto di vista prestazionale seppure caratterizzate da parametri di qualificazione diversi e da una differente modalità di messa in opera.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coerentemente con ciò, nelle tavole di progetto è stata volutamente lasciata la possibilità di alternativa tra le due tecniche di armatura essendo stata verificata l'equivalenza progettuale.

La scelta tra l'utilizzo di fibre o di rete elettrosaldata verrà operata in cantiere in base alle reali condizioni operative dello scavo, in funzione di quanto precedentemente detto. Qualora l'ammasso presenti caratteristiche geomeccaniche migliori di quanto preventivato sarà possibile proteggere il fronte di scavo ricorrendo all'uso di spritz-beton semplice (non armato né fibrorinforzato).

Per quanto concerne le caratteristiche di resistenza dello spritz-beton, è previsto l'impiego di un $f_{cm}=25\text{MPa}$.

12.3 Tecnologie alternative per i consolidamenti al fronte in micro-jet

Nell'ambito delle tecnologie da applicare per la realizzazione delle gallerie naturali è prevista per alcune sezioni tipo l'esecuzione di un consolidamento del fronte utilizzando la tecnica del micro-jet (sezioni tipo C1), armati con tubi in VTR.

In alternativa tale soluzione può essere prevista mediante l'esecuzione in avanzamento del micro jet, con contemporaneo trascinarsi da parte dell'asta di perforazione dell'elemento in VTR. Questa tecnologia oltre ad avere il vantaggio di evitare le problematiche già evidenziate per il jet – grouting eseguito in risalita e già descritto per le colonne $\phi 600$ del contorno (franamento del foro e cattivo controllo del refluo), consente anche di avere una perfetta realizzazione dell'armatura in VTR del microjet.

In genere infatti le barre in VTR possono essere inserite “a fresco” nel microjet oppure, dal momento che questa operazione può essere eseguita soltanto entro poche ore di esecuzione del trattamento colonnare, prima che la miscela cementizia abbia fatto presa, tramite riperforazione delle colonne stesse. Nella pratica operativa di cantiere, quest'ultima modalità diviene di fatto la più frequente e comporta un notevole disturbo del trattamento in microjet.

E' infatti necessario:

- Eseguire la colonna in micro jet
- Riperforare la colonna ed inserire la barra in VTR
- Cementare la barra all'interno della colonna

L'operare secondo questa fasistica, produce le seguenti evidenze:

- si constata spesso una deviazione tra l'asse del trattamento in jet – grouting e l'asse del

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

VTR dal momento che è decisamente difficoltoso mantenere coassiali i due trattamenti;

- la riperforazione disturba in modo importante la colonna in micro jet, che viene spesso danneggiata nel corso di questa operazione;
- il fatto che l'elemento in VTR non risulti praticamente mai coassiale alla colonna in microjet, introduce anomalie di comportamento del trattamento di consolidamento al fronte sia a taglio che a trazione.

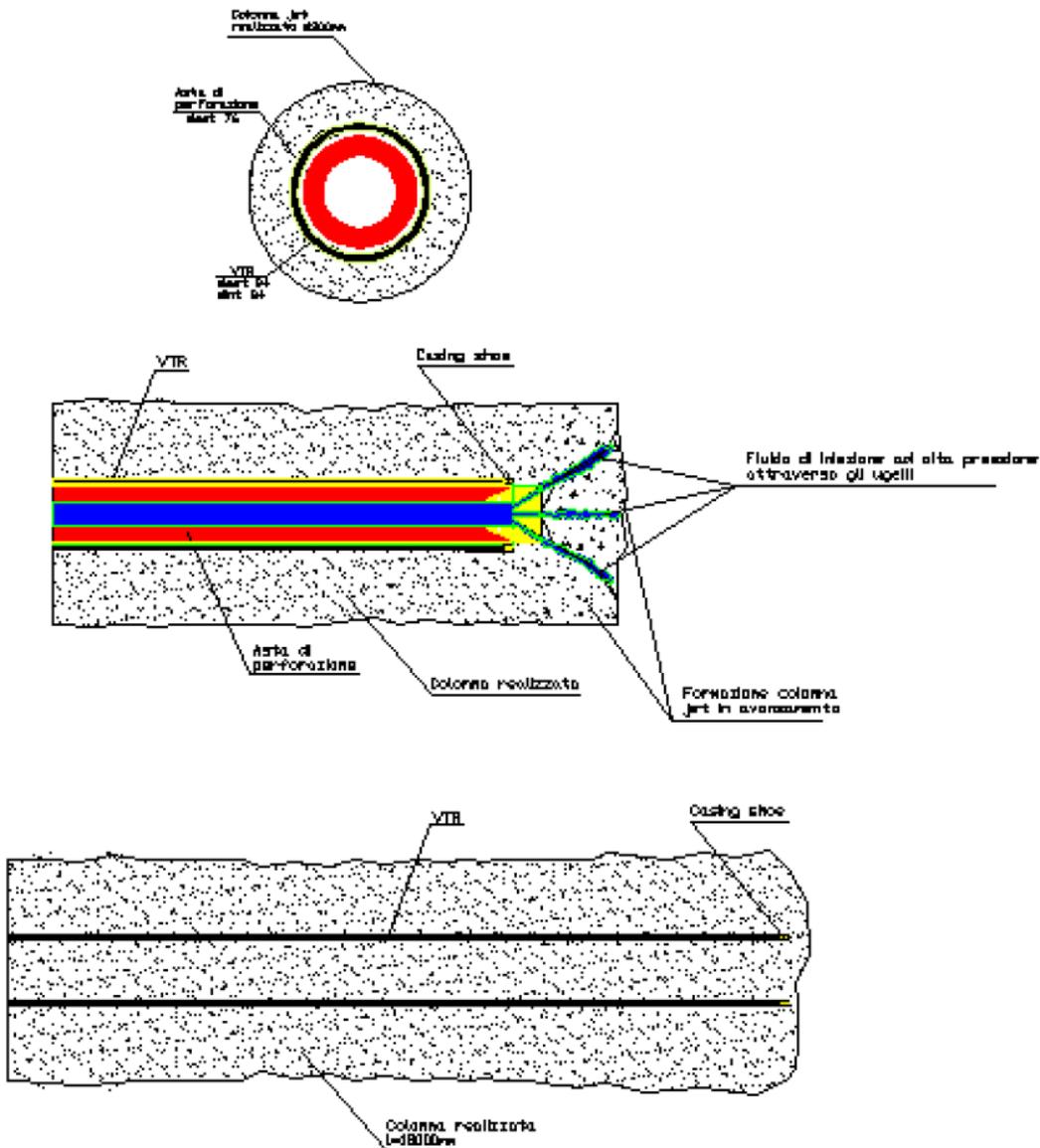
Si ritiene pertanto che la tecnologia proposta di microjet $\phi 300$ armato con VTR in avanzamento rappresenti sotto molti punti di vista un elemento di sicuro valore e vantaggio per la buona riuscita del trattamento al fronte.

Le caratteristiche delle attrezzature e degli elementi in vetroresina necessarie per l'applicazione di questa metodologia sono le seguenti:

1. l'elemento strutturale in vetroresina (tubolare) da inserire, deve avere un diametro esterno 98 mm e interno 84 mm;
2. l'asta interna di perforazione ed iniezione ad alta pressione, deve avere un diametro di 76 mm. Tale batteria di aste è collegata alla testa di perforazione del posizionatore ed alla testina di iniezione ad alta pressione;
3. la punta di perforazione ed iniezione (a recupero) , solidale con la batteria di perforazione, deve avere diametro di 80 mm è dotata di due/tre ugelli in widia per consentire l'esecuzione della colonna jet grouting in avanzamento. Inoltre, è predisposta con un sistema di aggancio-sgancio automatico che ne consente il recupero delle aste a foro ultimato (foto 3).
4. Ghiera alesaggio esterna a perdere diametro 106 mm.

Metodologia e sequenza esecutiva:

1. Inserimento del tubo in vetroresina sulla batteria di perforazione/iniezione.
2. Avvitamento del casing shoe per collegare il tubo in vetroresina alla punta pilota di perforazione ed iniezione.
3. Inizio fase di perforazione ed iniezione in pressione.
4. Esecuzione del foro e simultanea realizzazione della colonna jet grouting.
5. Sgancio della punta "pilota" dal tubo in vetroresina e recupero della batteria di perforazione ed iniezione.



Qualora nel corso degli scavi si incontrino zone d'ammasso non trattabili con la tecnologia del jet, non potendo più eseguire i trattamenti in micro-jet (non sarebbe operativamente possibile creare delle colonne di diametro sufficiente e quindi l'intervento perderebbe di efficacia), il consolidamento del fronte potrà effettuarsi tramite l'utilizzo di tubi in VTR semplicemente cementati o valvolati.

La scelta tra tubi standard e valvolati è compiuta dal progettista in funzione delle caratteristiche d'ammasso; in ammassi poco fratturati o coesivi è preferibile eseguire VTR semplicemente cementati, viceversa in ammassi fratturati o incoerenti l'intervento con valvole garantisce una

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

migliore distribuzione della miscela cementizia nel nucleo ed al contorno di scavo.

12.4 Piazzole di sosta e sezioni Allargate

In corrispondenza degli allarghi necessari alla realizzazione delle piazzole di sosta e nel caso di sezioni allargate (corsie di accelerazione/decelerazione, visibilità) il progetto prescrive il getto del rivestimento definitivo di calotta prima del passaggio della canna adiacente; questo onde evitare che in seguito all'apertura del secondo fornice l'ammasso possa esercitare spinte troppo elevate sul prerivestimento della prima canna.

Qualora l'ammasso si presenti in condizioni geomeccaniche migliori rispetto a quanto preventivato, il progettista potrà valutare la possibilità di posticipare il getto di calotta a dopo il passaggio della canna adiacente, e di operare in alternativa un "blindaggio" del cavo utilizzando centine di tipologia idonea a passo ridotto.

12.5 By-pass

La realizzazione dei by-pass presenti sulla linea avverrà utilizzando la tecnica del "risparmio", ovvero posizionando sulla galleria di linea, prima del getto del rivestimento definitivo di calotta, una sagoma in corrispondenza del by-pass; eseguito il getto di calotta della galleria la sagoma viene rimossa e si procede con la scavo del by-pass.

12.6 Armatura del rivestimento definitivo

In corrispondenza delle criticità ad oggi riscontrate è risultato necessario l'utilizzo di rivestimenti definitivi opportunamente armati.

In corso d'opera è prevista la possibilità di utilizzare in calotta e piedritti sia armature tralicciate, sia quelle standard. Analogamente, in arco rovescio possono essere utilizzate gabbie prefabbricate o armatura tradizionale. Dette opzioni risultano valide anche per le tratte di gallerie artificiali.

Inoltre, le armature di arco rovescio potranno eventualmente non essere passanti nelle riprese di getto *(da decidersi in corso d'opera, in funzione delle condizioni d'ammasso e quindi degli stati tensionali indotti nel rivestimento definitivo)*.

Attualmente, tali armature sono state utilizzate in tutti i casi in cui, sulla base dei dati raccolti, siano risultate presenti o siano state previste le condizioni per il determinarsi di sollecitazioni flessionali elevate sui rivestimenti, ovvero:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- a. In presenza di elementi indicanti formazioni o loro parti con basse caratteristiche geomeccaniche;
- b. In presenza di passaggi intraformazionali, ove le differenti caratteristiche geomeccaniche delle due formazioni rocciose possono provocare degli stati di tensione non uniformi al contorno della galleria, o in presenza di ammassi anisotropi o più fortemente eterogenei (anche in tal caso la distribuzione delle spinte al contorno del cavo risulta asimmetrica);
- c. Nel sottoattraversamento di preesistenze con basse coperture (inferiori a 25-30 m) o di altre zone con criticità singolari (in ammassi disturbati o in presenza di spinte dovute a movimenti di versante);
- d. Nelle zone soggette a rischio sismico (basse coperture, zone di contatto stratigrafico, zone di faglia);
- e. Nelle zone di innesto con i by-pass;
- f. Nelle tratte soggette ad elevate coperture in contesti geomeccanici “scadenti”;
- g. Nel caso di sezioni allargate, quali piazzole, corsie di accelerazione e decelerazione;
- h. In corrispondenza degli imbocchi, sino a coperture pari a 25m per ogni canna, ossia nelle zone ove si verifica generalmente la concomitanza di parietalità e basse coperture;

In presenza di parietalità della galleria rispetto al piano campagna (tipicamente 1-2 ϕ), le spinte di ammasso risultano infatti di lieve entità, ma la loro distribuzione asimmetrica sul contorno del cavo genera nel rivestimento definitivo una forte asimmetria tensionale con elevati momenti flettenti e ridotti sforzi normali.

Analogamente, nei tratti “superficiali” di galleria naturale, la scarsa potenza dello strato di terreno presente sopra l’opera talvolta non permette la formazione dell’effetto arco; in tal caso, tutta la massa di terreno superiore grava per intero sul rivestimento definitivo, che risulta soggetto prevalentemente a carichi di tipo gravitativo.

In queste situazioni si ha lo sviluppo di elevati sforzi normali ed elevati momenti flettenti.

Più in generale, in corso d’opera l’armatura di rivestimento definitivo sarà applicata su qualunque sezione tipo nel caso in cui, in funzione dei riscontri degli scavi e del monitoraggio, si dovessero evidenziare difformità rispetto alle ipotesi e condizioni di progetto, e quindi, onde non incorrere in una fessurazione del rivestimento definitivo, anche per tratte ad oggi non prevedibili come armate, in quanto non ricomprese con evidenza nelle situazioni di cui ai punti “a” ÷ “i”.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Un diverso utilizzo di armature per il rivestimento definitivo non deve dunque essere considerato come univocamente condizionato all'adozione di specifiche sezioni tipo, in quanto almeno in parte indipendente dalla tipologia e densità di consolidamenti applicati al fronte e in calotta, o dai rivestimenti di prima fase, e quindi non necessariamente legato ad una loro contestuale modifica. Del resto, anche nel caso di tratte già previste come armate in progetto, non si può escludere che si determinino condizioni difformi da quanto oggi preventivabile, e tali da richiedere un appesantimento delle armature stesse, o anche da consentirne, viceversa, un'ottimizzazione, in funzione delle diverse condizioni di carico del rivestimento definitivo e della sua risposta strutturale nell'interazione con l'ammasso nelle diverse fasi realizzative.

In conclusione, ove si dovesse procedere con l'inserimento o l'adeguamento dell'armatura necessaria, così come nel caso si dovesse procedere ad adottare sezioni tipo differenti, che implicino una diversa distribuzione dei rivestimenti definitivi, l'applicazione di tali diverse ipotesi dovrà essere ordinata a mezzo di apposito ordine di servizio dalla Direzione Lavori, assumendo tale modifica la valenza di "variante progettuale".

12.7 Distanze di getto dei rivestimenti definitivi

Le distanze di getto del rivestimento vengono misurate a partire dal fronte di scavo e sono relative ad arco rovescio, murette e calotta. Esse sono funzione della risposta tenso/deformativa del cavo nonché di specifiche situazioni locali riguardanti le singole gallerie.

In linea generale, il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire contemporaneamente solo in casi particolari, da valutarsi in corso d'opera; sempre in linea generale, si potrà effettuare un getto separato di arco rovescio e murette, avendo comunque cura di realizzare le murette il più vicino possibile al fronte di scavo, onde ottenere una più rapida stabilizzazione delle convergenze. La distanza di getto della calotta sarà anch'essa funzione delle condizioni generali d'ammasso. Per ammassi che si trovino in condizioni geomeccaniche scadenti o per situazioni che evidenzino elevati valori tenso/deformativi sarà necessario portare il getto della calotta il più possibile vicino al fronte (variabilità minima); in ammassi che presentino discrete caratteristiche geomeccaniche o bassi valori tenso/deformativi si potrà invece utilizzare come distanza di getto la distanza massima prevista all'interno del range di variabilità di detta sezione tipo (variabilità massima); infine se l'ammasso si presenta in condizioni simili a quelle previste in progetto, si procederà ad utilizzare la distanza media all'interno del range di variabilità previsto.

Le distanze di getto sono funzione della tipologia d'ammasso nonché delle convergenze misurate in galleria o all'esterno, e dei valori di estrusione al fronte; in linea generale dovrà essere applicata

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

la distanza minima qualora le deformazioni misurate risultino comprese tra la soglia di attenzione e la soglia di allarme stabilite nel presente documento, e/o nel caso in cui i parametri geomeccanici riscontrati in fase di esecuzione dei lavori si collochino verso l'estremo inferiore del range di variabilità del rispettivo gruppo geomeccanico.

La distanza "massima" all'interno del range di variabilità potrà essere generalmente applicata qualora le convergenze misurate e le estrusioni risultino al di sotto della soglia di attenzione, e qualora i parametri geomeccanici si collochino verso l'estremo superiore del range di variabilità del gruppo geomeccanico.

La distanza di getto dei rivestimenti definitivi rispetto al fronte dovrà comunque rispettare tendenzialmente la massima distanza prevista per la sezione tipo in esame; il progettista potrà valutare in corso d'opera la possibilità di aumentare ulteriormente le distanze massime progettuali; situazioni locali e particolari verranno valutate di volta in volta.

Per quanto concerne i valori numerici delle distanze di getto relativamente ad ogni sezione tipo si vedano i relativi paragrafi, mentre per le corrispondenti variabilità suggerite si vedano le tabelle allegate.

12.8 Caratteristiche minime di resistenza del calcestruzzo in relazione alle fasi operative

Per quanto riguarda il calcestruzzo che costituisce il riempimento dell'arco rovescio, si prevede di poter transitare sul cls quando sia stata raggiunta una resistenza minima di 4 MPa a compressione, ferma restando la resistenza caratteristica richiesta da progetto.

Nel caso fosse necessario transitare prima del raggiungimento di tale resistenza, il cls sarà opportunamente protetto da elementi ripartitori, tali da scaricare una pressione congrua per le caratteristiche di resistenza misurata a quella data di maturazione.

Per quanto riguarda il calcestruzzo di calotta, fermo restando la resistenza caratteristica richiesta da progetto, si prescrive che il disarmo del getto non avvenga prima che il calcestruzzo stesso abbia raggiunto una resistenza di almeno 8 MPa (a meno di condizioni di spinta d'ammasso particolari).

12.9 Tecniche di consolidamento dei fronti di scavo

Per fronte "misto" si intende un fronte di scavo nel quale sono presenti contemporaneamente due o più formazioni con caratteristiche geomeccaniche differenti; in questo caso si provvederà ad una

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

diversificazione degli interventi di consolidamento in funzione delle formazioni presenti.

Le geometrie di consolidamento presentate negli elaborati grafici di progetto devono intendersi come geometrie “medie”; in presenza di anomalie localizzate su parte del fronte, o per esigenze locali di messa in sicurezza, non è esclusa la possibilità di una variazione "puntuale" delle quantità o delle geometrie dei consolidamenti. Pur rimanendo invariato il numero totale degli interventi, nello specifico potranno aversi zone del fronte con differenti densità di intervento in funzione delle caratteristiche geomeccaniche “puntuali” di ciascuna zona; si potranno inoltre variare le lunghezze di sovrapposizione nonché l’interasse degli infilaggi in calotta, prevedendo un raffittimento degli infilaggi ed una maggiore sovrapposizione ove necessario ed un diradamento nelle zone del fronte più competenti.

Gli interventi di consolidamento precedentemente elencati dovranno essere dimensionati in modo da “cucire” la superficie di contatto tra le diverse formazioni, ovvero si dovrà prestare particolare attenzione nella definizione degli angoli di perforazione e delle lunghezze degli elementi. Detta operazione verrà definita nel dettaglio in corso d’opera, sulla base delle conoscenze geologiche ed idrogeologiche acquisite nel corso dello scavo, nonché in base ai rilievi dei fronti effettuati.

12.10 Sottoattraversamento di preesistenze

Lo studio del quadro deformativo indotto dallo scavo delle gallerie e la successiva valutazione dei possibili danni sugli edifici è stata svolta ipotizzando una variabilità del Volume perso $V_p=1.0-1.5\%$ e parametro k pari a 0.3.

Nel dettaglio, a partire dall’ipotesi di volume perso 1.5% si sono presi in considerazione tutti gli edifici la cui classe di danno, elaborato con le formulazioni descritte nel Paragrafo 6.4, abbia fornito valori maggiori di 2, definendo in questo modo delle tratte “sensibili” di sottoattraversamento.

In tali tratte si prevede lo scavo mediante sezioni tipo caratterizzate da interventi di consolidamento, preconsolidamento e sostegno studiati al fine di limitare al minimo il disturbo alle preesistenze e garantire, nello stesso tempo, il controllo deformativo e del relativo volume perso.

In tali condizione è lecito ipotizzare, anche sulla base di esperienze in contesti similari, una riduzione del volume perso teorico di calcolo, assunto solo per le tratte prima definite pari al valore minimo del “range” ipotizzato ($V_p=1\%$).

Se in tale condizione (ipotesi di $V_p = 1\%$), si verifica la presenza di edifici ad uso abitativo/civile ricadenti in classi di danno maggiori di 2, è stato previsto un consolidamento integrativo dall’alto eseguito mediante iniezioni cementizie e chimiche o jet-grouting monofluido in funzione della posizione dell’interferenza rispetto alla galleria.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Non si esclude che, in corso d'opera, particolari e locali condizioni geomeccaniche al contorno comportino volumi persi effettivi durante gli scavi di entità differenti da quanto ipotizzato. In tali condizioni, verificate mediante le sezioni di monitoraggio previste, può essere prevista una variazione degli interventi di consolidamento, sia come quantità che come geometria, al fine di adattarsi alle diverse condizioni incontrate.

In particolare, qualora gli interventi ipotizzati non fossero sufficienti in taluni contesti a garantire il rispetto dei limiti deformativi imposti anche nella variabilità massima della sezione tipo applicata, si potrà ricorrere a tecniche di consolidamento alternative quale ad esempio l'adozione di sezioni tipo con consolidamento al contorno su coronella multipla.

12.11 Interferenze di opere infrastrutturali

I tracciati delle gallerie Ramo A e Ramo D sono interessati da intersezioni planimetriche con altre opere lungo lo sviluppo dei loro tracciati. In particolare sono previsti:

1. Intersezione tra RAMO A e RAMO D alla PK 1+450 circa, nella quale il tracciato del RAMO A sottopassa il RAMO D. Altimetricamente la differenza tra le P.F. è pari a 14m circa con le due carpenterie di sezione distanziate nel punto di minimo di 45cm circa. Da un punto di vista geologico l'intersezione cade all'interno della formazione del conglomerato di pezzo nella zona di contatto con la formazione dei trubi. La copertura è pari a circa 35m.
2. Intersezione tra RAMO D e RAMO C alla PK 0+600 circa, nella quale il tracciato del RAMO D sottopassa il RAMO C. Altimetricamente la differenza tra le P.F. è pari a 14m circa con le due carpenterie di sezione distanziate nel punto di minimo di 170cm circa. Da un punto di vista geologico l'intersezione cade all'interno della formazione del conglomerato di pezzo con copertura pari a circa 50m.
3. Intersezione tra RAMO A e la galleria Autostradale "Piale" tra le PK 1+180 e 1+210 circa, nella quale il tracciato del RAMO A sottopassa la galleria "Piale". Altimetricamente la differenza tra le P.F. è pari a 14m circa con le due carpenterie di sezione distanziate nel punto di minimo di 40cm circa. Da un punto di vista geologico l'intersezione cade all'interno della formazione del conglomerato di pezzo con copertura pari a circa 40m.
4. Intersezione tra RAMO D e la galleria Autostradale "Piale" tra le PK 0+715 e 0+746 circa, nella quale il tracciato del RAMO D sottopassa la galleria "Piale". Altimetricamente la differenza tra le P.F. è pari a 19m circa con le due carpenterie di sezione distanziate nel punto di minimo di 7m circa. Da un punto di vista geologico l'intersezione cade all'interno

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

della formazione del conglomerato di pezzo con copertura pari a circa 65m.

Per tipologia e problematiche esecutive le prime due interferenze possono essere considerate simili e assimilabili. Le principali attenzioni vanno poste nella realizzazione della prima galleria (PF minore) allo scopo di limitare al minimo il disturbo dell'ammasso prevedendo passo centine ridotto e consolidamenti sistematici al contorno e al fronte e prevedendo un consolidamento integrativo radiale nella zona di passaggio della seconda galleria.

Le principali fasi previste per la realizzazione delle tratte sono:

1. Scavo della galleria a quota inferiore mediante l'applicazione della sezione B2V prevedendo centine a passo ridotto. La scelta della sezione tipo è basata in questo caso sulla necessità di limitare al minimo il disturbo del terreno nell'intorno del cavo mediante interventi di preconsolidamento e supporto mirati.
2. Esecuzione del trattamento radiale integrativo mediante elementi tubolari in VTR valvolati e iniettati eseguiti con maglia 1.0m x 1.0m. Tale intervento è atto a garantire la creazione di un mezzo "omogeneo" e consolidato al contorno della galleria scavata al fine di ridurre al minimo gli effetti deformativi e tensionali durante le successive fasi di avvicinamento e scavo della galleria soprastante.
3. Getto del rivestimento definitivo in c.a. per un tratto di 36m nel primo caso e 48m nel secondo a cavallo dell'intersezione con la seconda galleria in scavo. Le armature previste risultano incrementate rispetto alla sezione tipologica in quanto si è tenuto conto degli effetti locali causati dal passaggio della seconda carreggiata in scavo.
4. Scavo della seconda galleria mediante l'applicazione della sezione tipo prevista in progetto (B2V). Data la natura dell'ammasso attraversato, in relazione anche ai dati di monitoraggio e alle evidenze dei risultati ottenuti dal trattamento di consolidamento eseguito, sarà possibile utilizzare una diversa sezione tipo (B0).

Durante lo scavo della seconda canna dovrà essere previsto il monitoraggio del rivestimento definitivo della prima galleria mediante misure deformative e tensionali.

Il sottopasso della galleria "Piale" presenta problematiche esecutive differenti dovute principalmente al fatto che le opere sottoattraversano la galleria esistente. Le modalità di avanzamento dovranno quindi essere mirate al minimo disturbo della galleria esistente al fine di evitare sovratensioni nei rivestimenti definitivi, comunque previsti opportunamente armati nella tratta. A tale scopo gli avanzamenti dei Rami A e D, oltre ad un passo centine ridotto, prevedono

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

interventi di consolidamento in avanzamento integrativi rispetto alla sezione “standard” con il duplice scopo di creare un effetto di sostegno del rivestimento definitivo della “Piale” e, modificando le caratteristiche dell’ammasso al contorno del cavo, limitare gli effetti deformativi sulla galleria esistente. Gli interventi verranno realizzati mediante iniezioni da valvola eseguite da tubi in VTR.

Durante lo scavo della seconda canna dovrà essere previsto il monitoraggio del rivestimento definitivo della galleria Piale mediante misure deformative e tensionali.

12.12 Scavo in zone di faglia in presenza di falda

Come descritto nella relazione idrogeologica, i terreni interessati dallo scavo delle gallerie stradali, costituiscono un acquifero anisotropo, caratterizzato da circolazione idrica discontinua e localizzata, che esclude l'esistenza di corpi idrici estesi e produttivi. La permeabilità è principalmente localizzata nella parte superficiale alterata degli affioramenti e diminuisce rapidamente con la profondità.

Da un punto di vista operativo lo scavo in zona di faglia in presenza di battente idraulico dovrà essere affrontato utilizzando tutti gli accorgimenti necessari all’identificazione delle caratteristiche geometriche, idrauliche e meccaniche delle zone tettonizzate.

A tale scopo si prescrive per le zone in cui saranno previsti disturbi tettonici localizzati indagini in avanzamento costituite da almeno:

- n°2 prospezione mediante sondaggio in avanzamento lunghezza minima 40m eseguita da nicchia laterale opportunamente predisposta. La perforazione dovrà avvenire mediante preventer al fine di prevenire l’irruzione incontrollata del fluido dall’ammasso roccioso. L’indagine dovrà fornire dati relativi alla localizzazione della faglia, le principali caratteristiche meccaniche della stessa, nonché indicazioni sulla pressione e la portata idraulica riscontrata nella zona di faglia.
- Indagini geofisiche di tipo geoelettrico eseguite dal fronte di scavo ad una distanza di 60m dalla possibile zona di faglia.
- In alternativa o a completamento delle indagini precedenti potranno essere richieste indagini di tipo TRT (Tunnel Reflection Tomography), le quali permettono di indagare le caratteristiche dell’ammasso roccioso al fronte di scavo con una capacità investigativa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

media variabile tra i 150 ed i 200 m, in funzione delle caratteristiche elastiche della roccia. Il metodo TRT, basato sulla riflessione di segnali sismici, rileva i cambiamenti delle caratteristiche elastiche nella massa rocciosa dovuti alla presenza di variazioni litologiche, discontinuità, faglie e zone di frattura, permettendo di costruire un immagine tomografica del sottosuolo.

In relazione ai dati raccolti durante le indagini descritte in precedenza verrà dimensionato l'intervento di drenaggio adeguato. Mediamente si prevede, con i dati attualmente a disposizione, che l'intervento sarà costituito da n° 4+4 drenaggi in avanzamento di lunghezza 36m (minimo) di cui i primi 16m ciechi e la restante parte microfessurata.

12.13 Criticità

Qualora in corso d'opera si evidenzino determinate criticità che rendano difficoltoso l'avanzamento degli scavi (splaccaggi del fronte e/o della calotta, situazioni geologiche puntuali, etc.), oltre ad intensificare gli interventi di consolidamento della sezione tipo è prevista anche l'alternativa di utilizzare degli infilaggi al contorno, ovvero di utilizzare infilaggi di inerzia maggiore rispetto a quanto riportato sulle tavole di progetto (qualora si applichi la sezione tipo C1 e B2V). Detta scelta sarà compiuta dal progettista in funzione di quanto registrato nel corso degli scavi.

La progettazione delle sezioni tipo è stata condotta conformemente ai dati ad oggi disponibili. Qualora dovessero verificarsi, in fase di scavo, condizioni geomeccaniche e/o idrogeologiche (stress tettonici, rapporto tra tensioni verticali ed orizzontali nel terreno,, etc.) diverse da quanto oggi ipotizzabile in base ai dati raccolti, sarà necessario procedere ad una rivisitazione degli interventi, in particolar modo delle caratteristiche dei rivestimenti definitivi.

12.14 Sismica in galleria

Scopo del presente paragrafo è definire le linee guida e le considerazioni tecniche/teoriche che hanno condotto alla valutazione degli effetti dell'azione sismica sulle opere in sotterraneo.

Le strutture sotterranee, come noto, hanno caratteristiche che fanno in modo che il loro comportamento sismico sia diverso dalla maggior parte delle strutture di superficie. Tra queste caratteristiche le più evidenti sono

- la completa realizzazione in terreni o rocce;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- la significativa lunghezza delle opere;
- la risposta di un'opera in sotterraneo ad un evento sismico è principalmente governata dal comportamento del terreno circostante e non dalle caratteristiche inerziali della struttura. Ciò è riconducibile al fatto che la massa della struttura è generalmente di ordine di grandezza inferiore rispetto alla massa del terreno circostante, la quale risulta inoltre completamente confinata dal terreno con relativi evidenti effetti di smorzamento del fenomeno sismico.

Vari studi hanno documentato i danni riportati alle strutture sotterranee in seguito ad eventi sismici. ASCE (1974) descrive i danni avvenuti nell'area di Los Angeles come risultato del terremoto di San Fernando del 1971; JSCE (1988) descrive la performance di diverse strutture sotterranee, compreso un tunnel immerso, durante un sisma in Giappone; diversi autori hanno presentato lavori propri per caratterizzare il comportamento di tali strutture, fornendo così la possibilità di creare un database sui danni avvenuti in oltre 200 casi storici.

Dall'analisi di tali dati è emerso che storicamente le opere in sotterraneo hanno evidenziato un minor livello di danneggiamento rispetto alle opere fuori terra. I motivi principali di questo maggior livello di sicurezza rispetto alle opere in superficie possono essere sintetizzati come di seguito:

- la probabilità di raggiungere la frequenza di risonanza della struttura decresce al crescere del confinamento laterale offerto dal terreno circostante; il danno riportato cala con l'aumento della profondità alla quale si trova il tunnel. Tunnel profondi sono meno vulnerabili nei confronti dello scuotimento sismico rispetto ai tunnel superficiali.
- al crescere della profondità diminuiscono le onde secondarie superficiali che risultano la maggior causa di danneggiamento delle opere infrastrutturali fuori terra;
- movimenti ad alta frequenza possono implicare la frantumazione locale di roccia o di calcestruzzo lungo i piani di debolezza. Queste frequenze, che rapidamente si attenuano con la distanza, si manifestano con più probabilità a piccole distanza dalla faglia che ha provocato il sisma;
- mediamente le caratteristiche del terreno aumentano con la profondità.

In generale, nonostante le deduzioni sopra riportate, non è possibile considerare un'opera in sotterraneo non sensibile alle azioni sismiche lungo l'intero sviluppo della galleria. In particolare la cause di danneggiamento possono essere suddivise in tre categorie (G.Barla et al – *“Soluzioni*

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

analitiche e numeriche nella progettazione sismica delle opere in sotterraneo” – MIR2008):

- danneggiamento dovuto allo scuotimento (influenze soprattutto nelle sezioni “sensibili” come i passaggi infrastrutturali, litostratigrafici, etc..);
- danneggiamento dovuto allo spostamento di faglia (situazione locale – risolvibile con accorgimenti progettuali legati alla tipologia del movimento previsto che deve essere eventualmente puntualmente approfondito in fase di progettazione di dettaglio);
- danneggiamento conseguente ad una instabilità che si verifica nel terreno (liquefazione, frane, ecc...presente solo in condizioni particolari. Non riscontrabile nelle opere in oggetto).

Lo scuotimento del terreno si riferisce alla deformazione del terreno prodotta dalle onde sismiche che si propagano nella crosta terrestre. I fattori principali che influenzano il danno dovuto a scuotimento sono:

- la forma, le dimensioni e la profondità della struttura;
- le proprietà del terreno o della roccia circostante;
- le proprietà della struttura; il grado di scuotimento sismico.

Come noto, tali effetti evidenziano maggiori conseguenze in termini di danneggiamenti in:

- zone di attraversamento di faglia;
- zone in cui si hanno differenti caratteristiche meccaniche o geometriche;
- zone di bassa copertura;

In tali zone, come riportato nel paragrafo 12.6 e come evidenziato nei profili geomeccanici, sono state considerate sezioni di avanzamento caratterizzate da interventi di consolidamento diffusi sia al fronte che al contorno e rivestimenti definitivi armati, con possibilità di collegare i conci di getto in direzione longitudinale mediante armature passanti.

Gli interventi di consolidamento previsti in questa fase progettuale hanno l’obiettivo di garantire il controllo deformativo del fronte e, conseguentemente del cavo, mitigando di fatto gli effetti dinamici dovuti allo scuotimento, che come già affermato, comportano un danneggiamento dell’opera durante il sisma tanto maggiore quanto minore è il confinamento offerto dal mezzo attraversato.

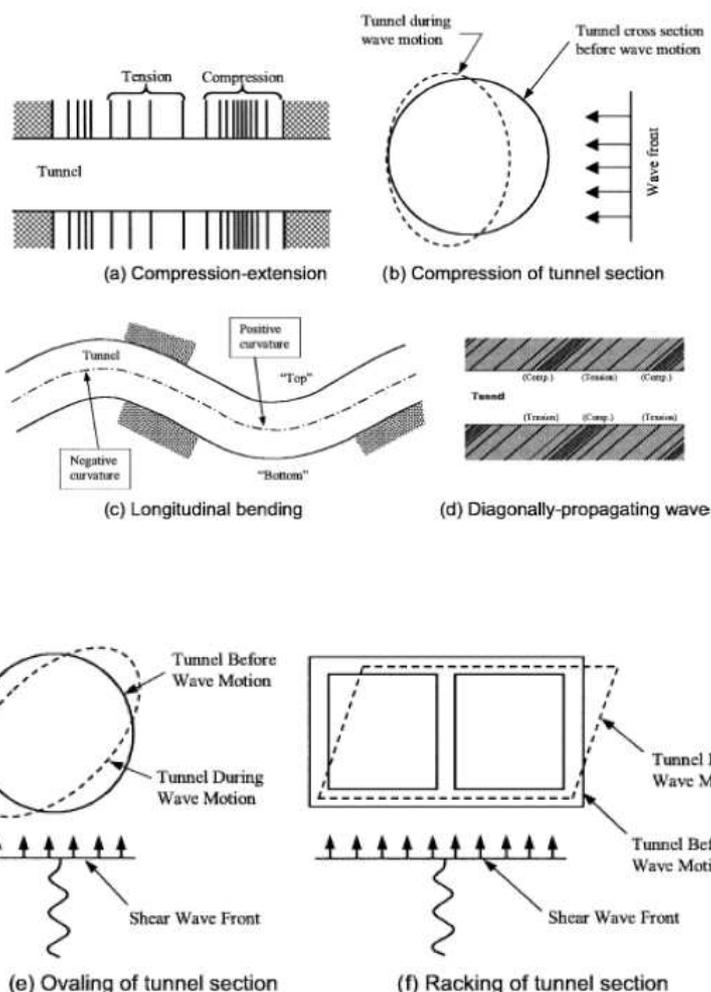
Più in generale, si può affermare, che il controllo delle deformazioni conduce ad un mantenimento delle condizioni di picco del terreno con relativo contenimento dei fenomeni di lungo termine che porterebbero ad una diminuzione delle caratteristiche geomeccaniche e deformative dell’ammasso

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

stesso.

Per ciò che concerne l'incremento dello stato di sollecitazione indotto in fase sismica, nella pratica progettuale, è comune approssimare il comportamento di un tunnel a quello di una trave elastica soggetta a deformazioni imposte dal terreno circostante. Si considerano tre tipi di deformazioni che esprimono la risposta delle strutture sotterranee nei confronti dell'input sismico:

- a. compressione ed estensione assiale;
- b. flessione longitudinale;
- c. distorsione sezionale.



Le deformazioni assiali sono generate dalle componenti delle onde sismiche che producono movimenti paralleli all'asse del tunnel e che causano alternativamente compressione e trazione. Le

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

deformazioni flessionali sono causate da quelle componenti che producono movimento perpendicolare all'asse del tunnel. Le distorsioni della sezione si sviluppano quando le onde di taglio si propagano perpendicolarmente o quasi all'asse del tunnel. Considerazioni di progetto per questo tipo di deformazione sono fatte nella direzione trasversale. Il comportamento generale dell'allineamento può essere simulato come quello di una struttura interrata soggetta a deformazioni del terreno in condizioni di stato tensionale bidimensionale. Le onde che si propagano diagonalmente sottopongono diverse parti della struttura a spostamenti fuori fase, assimilabili agli effetti di un'onda longitudinale di compressione e rarefazione che viaggia lungo la struttura. In generale, l'ampiezza più grande di spostamenti è associata a lunghezze d'onda maggiori, mentre le massime curvature si hanno in corrispondenza di lunghezze d'onda brevi, con ampiezze degli spostamenti relativamente piccole. La valutazione della risposta sismica della struttura richiede perciò la comprensione e la capacità di valutazione dello scuotimento sismico previsto. Si presentano tre passaggi principali:

1. Definizione dell'ambiente sismico e sviluppo dei parametri sismici utili nell'analisi.
2. Valutazione della risposta del terreno allo scuotimento, che include la rottura delle faglie e le deformazioni del terreno.
3. Valutazione del comportamento strutturale indotto dallo scuotimento sismico che comprende lo sviluppo di un criterio di applicazione del carico sismico, la previsione della risposta alle deformazioni del terreno e le considerazioni di particolari questioni di progetto sismico.

La valutazione analitica e numerica di dettaglio delle sollecitazioni assiali e flessionali indotte nel rivestimento in fase sismica è rimandata ad una fase successiva di progettazione. Nella fase di progettazione definitiva si è tenuto conto dell'effetto di tali azioni basandosi su esperienze pregresse in contesti similari; sono state, infatti, previste sezioni armate in tutte le zone ritenute sensibili (vedi paragrafo 12.6); gli approfondimenti della fase conoscitiva che saranno eseguiti in sede di progettazione esecutiva permetteranno di valutare con dettaglio i parametri che influenzano le analisi numeriche dinamiche.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13 MONITORAGGIO

Nel seguente Capitolo si descrive il piano di monitoraggio Geotecnico e Topografico da adottare, per il controllo delle varie fasi costruttive e di esercizio, per la realizzazione delle opere necessarie ai collegamenti stabili fra Sicilia e Continente.

Lo scopo del monitoraggio, in accordo con il metodo ADECO-RS adottato in progettazione è quello di tenere sotto controllo l'evolversi della risposta tenso-deformativa dell'ammasso allo scavo e di verificare la corrispondenza tra il comportamento reale delle strutture in fase di realizzazione ed il comportamento ipotizzato nelle varie fasi progettuali.

Il sistema di monitoraggio è stato progettato in modo da poter fornire, nel modo più completo e rapido possibile, tutti gli elementi necessari ad effettuare un'analisi della situazione in corso d'opera e della sua possibile evoluzione, finalizzata alla definizione di eventuali azioni correttive (intensificazione delle misure, installazione di ulteriore strumentazione, interventi sulle fasi esecutive, modalità di avanzamento, etc.) mirate ad evitare il manifestarsi di situazioni di pericolo.

L'organizzazione del sistema in questione prevede l'utilizzo di strumentazione topografica e geotecnica disposta a formare sezioni di monitoraggio distribuite lungo tutto il tracciato dell'opera. La disposizione delle sezioni è correlata alle condizioni al contorno quali le condizioni geomeccaniche, la posizione rispetto al tracciato, la presenza di interferenze antropiche mentre la frequenza di lettura è correlata principalmente alla successione delle fasi lavorative.

Il piano di monitoraggio prevede un monitoraggio "in corso d'opera" effettuato durante la realizzazione dell'opera stessa e un monitoraggio "in fase d'esercizio dell'opera" da effettuare anche dopo la fine delle lavorazioni in modo da consentire la registrazione degli effetti legati ad eventuali variazioni a lungo termine dei parametri monitorati.

Nel Capitolo verranno trattati i seguenti argomenti:

- Tipologie di monitoraggio previsto;
- Monitoraggio delle gallerie naturali;
- Monitoraggio delle gallerie artificiali e imbocchi;
- Monitoraggio delle aree instabili;
- Monitoraggio delle strutture preesistenti;
- Definizione e descrizione della strumentazione e dei parametri di monitoraggio
- Frequenze di lettura in corso d'opera;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Definizione delle soglie di attenzione e di allarme.
- Descrizione del sistema di gestione dati.

13.1 Tipologie di monitoraggio previsto

Il monitoraggio geologico, geotecnico e strutturale è suddiviso in tre tipologie in base alle tempistiche in cui viene eseguito:

- monitoraggio “preventivo” effettuato precedentemente all’inizio delle lavorazioni;
- monitoraggio “in corso d’opera” effettuato durante le fasi di costruzione dell’opera;
- monitoraggio “in fase di esercizio dell’opera” effettuato dopo il termine dei lavori di realizzazione dell’opera;

Il monitoraggio preventivo è previsto per tutte quelle aree e strutture particolarmente a rischio (come ad esempio aree potenzialmente instabili, infrastrutture fatiscenti e fabbricati che ricadono nelle immediate prossimità delle gallerie da realizzare) in modo da acquisire dati ancor prima della costruzione dell’opera, al fine di intervenire preventivamente e/o valutare al meglio gli eventuali effetti indotti. Una sezione di monitoraggio preventivo è ad esempio la sezione di monitoraggio esterna superficiale adottata per il monitoraggio di eventuali aree instabili. La strumentazione geotecnica installata permetterà di definire la tipologia, la geometria e l’evoluzione nel tempo di eventuali movimenti franosi, precedentemente alla realizzazione dell’opera.

Il monitoraggio in corso d’opera invece sarà finalizzato a valutare gli andamenti dei vari parametri considerati significativi, in relazione alle fasi costruttive, ai materiali scelti ed alle geometrie in gioco, con particolare riguardo alla sicurezza.

La strumentazione geotecnica prevista per il monitoraggio in corso d’opera sarà tale da consentire l’acquisizione dei dati relativi ai parametri significativi sia per la verifica delle corrispondenze tra comportamento reale e comportamento ipotizzato, sia per l’eventuale attivazione di procedure di gestione del progetto (fasi esecutive, modalità di avanzamento, ecc.) mirate ad evitare il manifestarsi di situazioni di pericolo.

Attraverso il monitoraggio in corso d’opera si ottiene la risposta tenso-deformativa degli ammassi all’azione dello scavo, che è prima oggetto di previsione (al momento della progettazione), quindi oggetto di lettura e interpretazione (al momento della costruzione), ai fini di tarare il modello progettuale in corso d’opera.

Il monitoraggio in fase di esercizio invece avrà l’obiettivo principale di registrare eventuali variazioni

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

a lungo termine dei parametri geotecnici e quindi di permettere la valutazione delle cause, strutturali o esterne di qualsiasi natura, che abbiano determinato tali variazioni.

Il monitoraggio in fase di esercizio si basa sulla stessa strumentazione geotecnica del monitoraggio in corso d'opera, ma necessariamente su sistemi centralizzati di acquisizione dati e postazioni remote.

Un'altra differenza tra monitoraggio in corso d'opera ed in esercizio è la cadenza di esecuzione delle misure, in generale più fitta in corrispondenza delle fasi costruttive, e più a lungo termine per quanto riguarda il monitoraggio in fase di esercizio.

Le sezioni strumentate previste nel monitoraggio di esercizio sono costituite essenzialmente da strumenti che permettono misure di deformazione, come le barrette estensimetriche per calcestruzzo, utilizzate per ottenere misure sullo stato tenso-deformativo dei rivestimenti definitivi delle gallerie. La loro distribuzione è riportata nei profili geomeccanici delle gallerie da realizzare.

Inoltre sono previste sezioni strumentate con sistemi centralizzati e postazioni remote, che consentiranno di registrare i dati in tempo reale ed in maniera automatica in tutte quelle aree a maggiore rischio come ad esempio le aree geologicamente instabili.

13.2 Monitoraggio delle Gallerie Naturali

Il sistema di controllo nella sua globalità è basato, sulla realizzazione di sezioni disposte ortogonalmente all'asse della galleria ed attrezzate con strumentazione installata sia dall'esterno che nell'interno della galleria. Il tipo di sezione è differenziato in funzione dell'elemento/i da monitorare, prevedendone una distribuzione spaziale che dipende dalle diverse situazioni geologiche, geotecniche e costruttive riscontrate.

Per le gallerie con scavo in tradizionale, sono previste due diverse sezioni tipo per il monitoraggio geotecnico e topografico (una esterna da p.c., l'altra interna per il fronte di scavo e per i rivestimenti della galleria di 1° e 2° fase).

Lo scavo delle gallerie muta le condizioni di stabilità dell'ammasso roccioso, durante la loro realizzazione è importante stravolgere il meno possibile gli equilibri, utilizzando l'ammasso stesso come materiale da costruzione. Nello scavo in tradizionale si prevede l'utilizzo del fronte d'avanzamento e della porzione retrostante (nucleo) opportunamente consolidata per stabilizzare la zona d'avanzamento, neutralizzando le eventuali estrusioni del fronte. Successivamente un rivestimento detto di 1° fase verrà eseguito nella zone precedentemente scavate mediante l'utilizzo di centine d'acciaio ricoperte con spritz-beton, questo rivestimento garantisce il giusto contrasto alle convergenze del cavo. Come ultima lavorazione si adotta il rivestimento di 2° fase che

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

prevede la realizzazione in calcestruzzo armato di un rivestimento definitivo concentrico al precedente lasciando l'opera pronta per gli usi finali. Le fasi dello scavo in tradizionale necessitano di un monitoraggio continuo capace di tenere sotto controllo le deformazioni sia nell'immediato contorno del cavo, sia in profondità nell'ammasso, diventano un indicatore dello stato tensionale della "struttura", in particolare, deformazioni eccessive in fase di scavo sono assolutamente da evitare in quanto indice di un pericoloso detensionamento, oltre che per gli effetti sulle preesistenze. Di seguito verranno esposte le sezioni di monitoraggio da utilizzare per tali attività. La loro distribuzione viene riportata nei profili geomeccanici di progetto per le differenti gallerie stradali e ferroviarie.

13.2.1 Sezione di monitoraggio esterna (da piano campagna)

Queste sezioni dovranno essere previste per tratti di galleria particolari in corrispondenza di coperture fino ad almeno 1.5 volte il diametro della galleria, o in funzione delle problematiche.

Essa sarà indicativamente costituita dai seguenti elementi:

- N° 5 capisaldi sul piano campagna, disposti lungo un allineamento ortogonale alla galleria; (1 allineamento ogni 20 m e comunque in funzione della morfologia locale);
- N° 3 assestimetri, e 2 inclinometri spinti ad una profondità tale da superare di almeno 5 metri l'estradosso dell'arco rovescio (almeno due allineamenti in corrispondenza di ogni imbocco);
- N°1 piezometro (nel medesimo allineamento e con uguali profondità degli assestimetri e degli inclinometri).

In corrispondenza di queste sezioni esterne verranno installate sezioni interne con frequenze di misura più intense.

13.2.2 Sezione di monitoraggio interno

Sarà dedicata al controllo sistematico del comportamento tenso-deformativo del fronte-nucleo d'avanzamento, del cavo, del rivestimento di 1° fase (provvisorio) e di quello di 2° fase (definitivo).

Essa sarà indicativamente costituita dai seguenti elementi:

- Rilievo sistematico del fronte di scavo;
- Rilievo sistematico delle fasi lavorative in galleria;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- N° 5 mire ottiche ubicate sul prriverstimento da i nstallare in prossimità del fronte di scavo per le misure di convergenza; (da prevedersi ogni 10 m per comportamento allo scavo di tipo C, ogni 20 m per tipo B e ogni 40 m per tipo A);
- N° 3 mire ottiche per il fronte di scavo, nel caso di fermo lavori;
- N° 6 barrette estensimetriche sulle centine, appli cate a coppie sulle ali della centina, una verso l'intradosso, l'altra verso l'estradosso, ubicate in calotta e sui piedritti (da applicare ogni 100 m per comportamento allo scavo di tipo C, ogni 200 m per tipo B e ogni 400 m per tipo A);
- N° 8 barrette estensimetriche ubicate nel rivestim ento definitivo (da prevedersi ogni 100m per comportamento allo scavo di tipo C, ogni 200 m per tipo B e ogni 400 m per tipo A);
- N° 2 celle di carico alla base delle centine; (da installare ogni 100 m per comportamento allo scavo di tipo C, ogni 200 m per tipo B e ogni 400 m per tipo A);
- Misure di estrusione mediante estrusometro sul fronte di scavo (strumento installato secondo necessità per il tipo B).

13.2.3 Sezione di monitoraggio urbano

Prevede in superficie l'installazione della stessa strumentazione prevista per la sezione di monitoraggio esterno. In galleria invece prevede la strumentazione della sezione del monitoraggio interno.

Mentre nelle prossimità di fabbricati ed al loro interno:

- Capisaldi installati a terra aventi equidistanza ≤ 10 m.
- Staffe di livellazione da fissare a parete aventi equidistanza ≤ 10 m.
- Fessurimetri per il controllo delle lesioni preesistenti (dove necessario).
- Elettrolivelle e clinometri da parete (dove necessario).

13.3 Monitoraggio delle gallerie artificiali

13.3.1 Monitoraggio superficiale galleria artificiale

Il monitoraggio superficiale da piano campagna prevede l'installazione di strumentazione topografica e geotecnica e prevede la seguente strumentazione:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- n°6 capisaldi per allineamento a tergo dei singoli lati delle paratie installati a piano campagna, disposti lungo un allineamento perpendicolare al tracciamento delle paratie. Si prevede la realizzazione di almeno n.1 allineamento ogni 30 metri di galleria artificiale.
- n°2 tubi inclinometrici (per ogni allineamento), e eventualmente attrezzati con sonde biassiali removibili, posti esternamente alla zona dello scavo in prossimità di eventuali interferenze, spinti ad una profondità che superi di almeno 5m la base delle paratie.
- n°1 piezometro tipologia da definirsi in funzione della permeabilità (per ogni allineamento) spinto in profondità di almeno 5m al di sotto della quota di base dei diaframmi.

13.3.2 Monitoraggio degli edifici presenti in prossimità dell'opera

Si prevede la seguente strumentazione:

- Staffe livellometriche sulla sommità della facciata esterna degli edifici e capisaldi a terra corrispondenti il cui numero e posizione sarà necessariamente definito in funzione delle caratteristiche dei singoli edifici e dell'area di intervento. La strumentazione dovrà essere installata in numero non inferiore a tre per lato edificio, ed ad una distanza non superiore a 10m.
- Fessurimetri elettrici, ove vengono evidenziate lesioni sugli edifici;
- N°1 inclinometri da parete o elettrolivelle biassiali per ogni fabbricato.

13.3.3 Monitoraggio paratie galleria artificiale

In corrispondenza di ogni allineamento relativi al monitoraggio superficiale si prevede l'installazione dei seguenti strumenti:

- n°2 Barrette estensimetriche annegate nel getto in corrispondenza dei livelli della gabbia coincidenti con le profondità a cui verranno poi posti i livelli di puntelli o ancoraggi provvisori. Le barrette installate nei pannelli strumentati sono poste a coppie (una lato contro terra, l'altro lato scavo). La direzione delle barrette è parallela all'asse di scavo del pannello strumentato.
- n°1 mira ottica immediatamente al di sotto dei puntelli o ancoraggi provvisori, ad interasse, orizzontale, di circa 10m.
- n°1 inclinometro (eventuale) installato all'interno del pannello strumentato. Da posizionare immediatamente dopo la posa in opera della gabbia d'armatura del pannello e prima del

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

getto dello stesso, in modo da essere inglobato nella struttura. Il tubo è spinto fino alla base di scavo del pannello.

- n°2 celle di carico per puntello previsto in progetto. Poste all'estremità nell'intercapedine tra il puntello strumentato e la paratia, per la misura dei carichi agenti sui puntelli.
- n.1 cella di carico toroidale, da installare sui tiranti in corrispondenza dei pannelli strumentati.

13.4 Monitoraggio imbocchi

Le opere di imbocco sono tutte quelle lavorazioni necessarie alla trasformazione di un versante naturale, capaci di renderlo stabile per il successivo attacco del fronte. Le basse coperture e la presenza di infrastrutture nelle vicinanze complicano il quadro. In tali aree per la stabilizzazione dell'ammasso si necessita di diversi elementi quali: paratie, tiranti gallerie artificiali ecc.

Il monitoraggio geotecnico e topografico risulta necessario per la buona riuscita delle lavorazioni.

13.4.1 Monitoraggio superficiale imbocchi

Queste sezioni strumentate sono costituite da almeno n. 2 allineamenti. Ogni allineamento prevede la seguente strumentazione geotecnica (si veda anche sezione esterna da piano campagna del monitoraggio galleria naturale).

- n°5 capisaldi sul piano campagna, disposti lungo un allineamento ortogonale alla galleria;
- n° 3 assestimetri, e 2 inclinometri spinti ad una profondità che superi di almeno 5m l'estradosso dell'arco rovescio.
- n°1 piezometro (nel medesimo allineamento e con uguali profondità degli assestimetri e degli inclinometri)

Si prevede di installare le sezioni ad una distanza di circa 40m l'una dall'altra e comunque in funzione della morfologia locale.

13.4.2 Monitoraggio paratie imbocchi

Le paratie di imbocco saranno attrezzate mediante mire ottiche sulla trave di coronamento della paratia di imbocco, poste tra loro ad una distanza di circa 10m.

Sono da prevedersi inoltre celle di carico toroidali da installare sui tiranti. Almeno n.1 cella per ogni ordine di tiranti.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13.5 Monitoraggio Aree Instabili

Il monitoraggio ante operam delle aree instabili è stato sviluppato nel corso della campagna geognostica del 2010 ed è illustrato nella relazione Geotecnica Generale. Ad integrazione di quanto contenuto in tale documento, dove i tracciati delle gallerie interagiscono direttamente con i corpi di frana riconosciuti e cartografati è da considerare che la realizzazione delle opere di progetto comporterà una variazione degli stati tensionali agenti sulla scarpata potenzialmente in grado di indurre deformazioni che si traducono in riattivazioni e/o attivazioni di fenomeni franosi. Pertanto per controllare la risposta deformativa del versante si prevede un piano di monitoraggio, che si esplica tramite l'installazione di strumentazione di monitoraggio topografico e geotecnico da posizionare nei punti più significativi del versante. Le sezioni strumentate tipo previste per le aree geologicamente instabili sono costituite dalla seguente strumentazione:

- Estenso-inclinometri eventualmente attrezzati con sonde estenso-inclinometriche triassiali removibili, spinti ad una profondità tale da oltrepassare l'eventuale superficie di scivolamento (ovvero fino al raggiungimento del substrato stabile del movimento franoso).
- Piezometri.
- Posizionamento di una rete di mire ottiche per il controllo periodico o continuo di eventuali spostamenti tramite stazione totale topografica automatica.
- Stazione interferometrica terrestre SAR da impiegare nei casi più critici.

13.5.1 Monitoraggio delle strutture preesistenti interessate dall'area instabile

Si prevedono i seguenti strumenti:

- Staffe livellometriche sulla sommità della facciata esterna degli edifici e capisaldi a terra corrispondenti il cui numero e posizione sarà necessariamente definito in funzione delle caratteristiche dei singoli edifici e dell'area di intervento. La strumentazione dovrà essere installata in numero non inferiore a tre per lato edificio, ed ad una distanza non superiore a 10m.
- Fessurimetri elettrici, ove vengono evidenziate lesioni sugli edifici;
- Inclinometri da parete o elettrolivelle biassiali per ogni fabbricato;
- Posizionamento di una rete di mire ottiche per il controllo periodico o continuo di eventuali spostamenti tramite stazione totale topografica automatica.
- In funzione dell'importanza del movimento franoso in esame e della sua criticità verrà stabilito il numero di strumenti da installare.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Si evidenzia che per la corretta gestione ed interpretazione dei dati di monitoraggio è raccomandabile seguire le seguenti fasi di rilievo:

- Letture in fase ante operam ovvero un monitoraggio preventivo e conoscitivo per valutare l'effettivo stato di attività dei movimenti franosi;
- Letture in corso d'opera per valutare l'entità degli eventuali spostamenti e comprenderne le relazioni con le attività esecutive di lavoro;
- Letture in fase di esercizio per verificare l'evoluzione dei dissesti eventualmente attivati o riattivati e valutare l'idoneità delle contromisure poste in opera in fase di realizzazione.

13.6 Monitoraggio strutture preesistenti

Tutte le lavorazioni sia principali che secondarie legate alle opere in sotterraneo possono interferire con le preesistenze, per tenere sotto controllo gli effetti prodotti occorre munirsi di un sistema di monitoraggio.

Il tipo di strumentazione è differenziato in funzione dell'elemento/i da monitorare, prevedendone una distribuzione spaziale che dipende dalle diverse situazioni costruttive riscontrate. In generale, sono previste applicazioni di strumenti su delle porzioni di struttura come, facciate di edifici, marciapiedi, infrastrutture preesistenti di ogni tipo. Tale conformazione standard andrà comunque adattata al contesto, cercando ove possibile di rispettare le distanze tra gli strumenti riportate nelle sezioni strumentate.

13.6.1 Monitoraggio strutture presenti

Si prevede la seguente strumentazione:

- Staffe livellometriche sulla sommità della facciata esterna degli edifici e capisaldi a terra corrispondenti il cui numero e posizione sarà necessariamente definito in funzione delle caratteristiche dei singoli edifici e dell'area di intervento. La strumentazione dovrà essere installata in numero non inferiore a tre per lato edificio, ed ad una distanza non superiore a 10m.
- Fessurimetri elettrici, ove vengono evidenziate lesioni sugli edifici;
- inclinometri da parete o elettrolivelle biassiali sulle facciate esterne degli edifici dove si ritiene necessario;
- Stazioni totali topografiche per monitorare automaticamente eventuali movimenti;

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale</p>		<p><i>Codice documento</i> CS0211_F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

ALLEGATO 1 – MONITORAGGIO

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

14 Strumentazione Rilievi e Misure da effettuare

Il programma di monitoraggio progettato prevede la verifica dei seguenti parametri tramite misure effettuate con idonea strumentazione.

Vengono descritte di seguito le strumentazioni per le tipologie di misure previste.

14.1 Misura topografica capisaldi e staffe di livellazione

Generalità

Si prevede l'installazione in superficie di capisaldi topografici a terra e di staffe di livellazione sulla facciata della struttura corrispondente, per controllare la subsidenza del piano campagna e gli effetti conseguenti sulla struttura stessa. Il rilievo consiste nel controllo della subsidenza del piano campagna tramite letture eseguite con livello elettronico, comparando le quote registrate con quelle relative alla lettura di zero.

Campi di impiego

Saranno eseguite livellazioni topografiche in corrispondenza sia delle opere da realizzare, che di alcune strutture ricadenti all'interno dell'eventuale bacino di subsidenza indotto degli scavi.

Descrizione e modalità esecutive

I capisaldi dovranno presentare, ben visibile sulla parte superiore, una borchia metallica con testa emisferica per la battuta topografica, si distinguono nel tipo CSA e CSB.

Per il tipo CSA la borchia dovrà essere collegata tramite bullonatura o elettro-saldatura ad una barra di ferro ad aderenza migliorata di idonea lunghezza ($L \geq 120\text{cm}$). Successivamente verrà inserita all'interno di un foro nel terreno di pari lunghezza e cementata con malta in modo da renderlo solidale al terreno. Il tutto dovrà essere protetto da pozzetto in cls., con coperchio carrabile in ghisa.

Per il tipo CSB la borchia dovrà essere collegata tramite bullonatura o elettro-saldatura su apposita barra in ferro, che verrà immersa all'interno del getto di un pilastro realizzato in cls. di idonea lunghezza 80cm e diametro 10cm.

L'utilizzo del primo tipo CSA, con pozzetto carrabile è indicato per situazioni in cui risulta necessario garantire la protezione dello strumento e la circolazione di veicoli nelle sue immediate vicinanze.

Il secondo tipo CSB, invece si addice a situazioni in cui non è previsto il transito veicolare.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le staffe invece dovranno essere collocate mediante barra metallica infissa direttamente sulla struttura portante dell'opera da monitorare.

Documentazione

Per ogni caposaldo deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee che permetteranno di rintracciarne la posizione. Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul territorio, inoltre dovrà riportare le coordinate spaziali, correlati con la rete geodetica nazionale dell'I.G.M. e con quella utilizzata per la redazione della cartografia.

I dati vengono graficati nel diagramma “spostamenti verticali - tempo” che permette di valutare l'andamento delle deformazioni per la ricostruzione del bacino di subsidenza legato alle lavorazioni.

14.2 Misura topografica Convergenze

Generalità

Tali misure consistono nel rilevamento e restituzione grafica e numerica degli spostamenti nel piano trasversale alla galleria, in direzione verticale e orizzontale, di 5 punti per ogni stazione di misura, attrezzati con mire ottiche rilevabili mediante strumento topografico di precisione. Le basi di misura sono costituite da 5 chiodi di convergenza posizionati sullo spritz-beton del rivestimento di 1° fase e sul rivestimento definitivo di 2° fase . Su cui vengono montati altrettanti marcatori costituiti da prismi cardanici riflettenti o catadiottri.

Campi di impiego

Livellazioni topografiche in galleria per determinare la convergenza del cavo a la sua evoluzione sia in corso d'opera che a realizzazione effettuata. Saranno eseguite livellazioni topografiche di convergenza sullo spritz-beton del rivestimento di 1° fase, e sul rivestimento definitivo di 2° fase, nonché sul fronte di scavo.

Descrizione e modalità esecutive

Le basi di misura sono costituite da 5 chiodi di convergenza L = 50 cm posizionati sullo spritz-beton del rivestimento di 1° fase su cui vengono montati altrettanti marcatori costituiti da prismi cardanici riflettenti o catadiottri, posizionati a ridosso del fronte di scavo alla progressiva della stazione di misura. Nel caso in cui si manifestassero comportamenti differenziati in termini

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

deformativi tra spritz-beton e centine, a tali chiodi andranno affiancati dei supporti vincolati alle centine, su cui potranno essere montati i già citati marcatori (prismi cardanici riflettenti o catadiottri), posizionati a ridosso del fronte di scavo, in particolare a circa 1.0 m dal fronte stesso.

Nel rivestimento di 2° fase allo stesso modo del caso precedente vengono montati marcatori riflettenti montati su chiodi L=10 cm posizionati sul calcestruzzo del rivestimento definitivo.

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da teodolite e distanziometro elettronico che misurano le posizioni assolute della base di misura rispetto ad un sistema di riferimento tridimensionale costituito da capisaldi siti in galleria. La misura permette di risalire alle coordinate spaziali delle basi con tolleranza $\pm 2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$.

Il sistema di elaborazione dati deve offrire i seguenti diagrammi e tabulati numerici in funzione del tempo e della distanza dal fronte:

- spostamenti trasversali e longitudinali all'asse della galleria;
- spostamenti verticali;
- velocità di convergenza (mm/giorno)

Documentazione

Per ogni stazione composta a sua volta da 5 punti di misura, deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee che permetteranno di rintracciarne la posizione. Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico che dovrà riportare le coordinate spaziali, correlati con la rete geodetica nazionale dell'I.G.M. e la progressiva d'installazione in galleria.

I dati vengono graficati nel diagramma "spostamenti - tempo" che permette di valutare l'andamento delle deformazioni per la ricostruzione delle convergenze del cavo nel tempo.

14.3 Misura topografica Mire Ottiche

Campi di impiego

Si prevede l'installazione di mire ottiche su diverse strutture esistenti e/o da realizzare (fabbricati, muri, opere in cls, paratie, ecc...) e direttamente sullo spritz-beton del fronte di scavo, per il controllo di eventuali movimenti.

Descrizione e modalità esecutive

La mira ottica è costituita da un target catarifrangente montato su una piastra rotante a 360°, predisposta ad essere solidarizzata, tramite opportuno supporto, alla struttura da monitorare

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

mediante appositi chiodi ($L \geq 70\text{mm}$) con testa filettata.

Installazione

Le procedure da osservare, per l'installazione, sono le seguenti :

- eseguire con il trapano un foro di diametro e profondità adeguata all'installazione dell'apposito chiodo;
- infilare il chiodo nel foro e cementarlo con resine o cemento a presa rapida; aspettare quindi che il cemento faccia presa;
- avvitare lo strumento (target) di misura nell'ancoraggio e stringere fino a fondo corsa;
- misura di zero.

Misure

Il dato da misurare è la posizione nello spazio della mira ottica e quindi della struttura a cui esso è collegato e le sue variazioni nel tempo, rispetto alla lettura iniziale.

Le misure effettuate tramite tacheometro elettronico, riferite alla rete di punti fissi preesistente, permetteranno di determinare la posizione nello spazio e le eventuali variazioni del punto nel tempo.

La restituzione deve contenere tutte le informazioni utili per identificare la posizione e l'andamento nel tempo del punto considerato.

La frequenza delle misure dipenderà dalle lavorazioni in corso e dall'eventuale tipo di fenomeno in atto.

Documentazione

Per ogni mira ottica deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee che permetteranno di rintracciarne la posizione. Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico con almeno tre distanza da punti particolari ben riconoscibili sul territorio.

14.4 Misura topografica Stazione Totale Automatica

Campi di impiego

La stazione totale permetterà di monitorare automaticamente eventuali movimenti di preesistenze (come ad esempio fabbricati) interessate dalla realizzazione delle gallerie in aree urbane o interessate da aree geologicamente instabili.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Descrizione e modalità esecutive

Il monitoraggio prevede l'utilizzo di una stazione di misura in postazione fissa montata su speciali alloggiamenti da predisporre. Lungo l'area da monitorare interessata dallo scavo delle gallerie, saranno fissati dei prismi ottici disposti sulle facciate degli edifici in numero da concordare. Esternamente alla area da monitorare dovranno essere messi in opera n. 3-4 prismi per verificare la stabilità della stazione fissa attraverso il controllo automatico della stazione totale medesima.

Tali prismi esterni alla area da monitorare saranno installati su manufatti esistenti ritenuti stabili e cioè non influenzati dai lavori in esecuzione.

La stazione totale automatica sarà programmata per eseguire misure di tutti i prismi installati in continuo, 24 ore su 24, senza interruzioni se non programmata per eventuali interruzioni.

L'architettura del sistema prevede che la stazione di misura venga gestita completamente da un personal computer a cui è collegata mediante una connessione via radio o via cavo.

I dati rilevati vengono immediatamente archiviati in un database. Al termine di ogni ciclo di lettura, il computer replicherà il database aggiornato e procederà all'analisi automatica dei dati in esso contenuti. Tale funzione è svolta da un software che calcolerà una serie di parametri e verificherà la loro congruenza con le soglie definite in fase progettuale e controllerà lo stato di funzionamento di tutte le componenti costituenti il sistema (pc e strumento topografico ad esso collegato).

Successivamente a questa validazione automatica del dato, che sarà effettuata al termine di ogni ciclo di misura, è prevista una validazione manuale effettuata dall'Amministratore del Sistema (A.S) con cadenza programmata ed ogni qualvolta la procedura di validazione automatica del dato rilevasse delle anomalie funzionali o valori fuori soglia.

Documentazione

Verranno redatti report grafici e numerici degli spostamenti dei punti monitorati nelle tre componenti spaziali.

14.5 Misura geotecnica inclinometrica

Generalità

L'installazione di un tubo inclinometrico in un foro di sondaggio consente, attraverso misure ripetute nel tempo, la misura dello spostamento orizzontale del terreno lungo tutta la verticale.

Tali misure vengono effettuate introducendo nel tubo una apposita sonda inclinometrica che, dotata di sensori servoaccelerometrici di elevata precisione, consente di misurare l'inclinazione del tubo in corrispondenza di una determinata sezione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Campi di impiego

Le principali applicazioni degli inclinometri sono essenzialmente:

- monitoraggio delle deformazioni degli strati di terreno sovrastanti e adiacenti le gallerie, opere in sotterraneo durante le fasi di scavo, con applicazioni degli strumenti in fori verticali eseguiti dal piano campagna;
- controllo della stabilità delle opere di contenimento, con applicazioni analoghe al punto precedente;
- controllo dei movimenti del terreno in generale;
- verifica dello stato deformativo degli strati di terreno adiacenti ad uno scavo ed è quindi impiegato per l'analisi e la risoluzione di molte problematiche di carattere geotecnico.

Lo stato deformativo del tubo è rilevato mediante misure condotte con sonde rimovibili o fisse.

Di solito si effettuano misure mediante sonde rimovibili, anche se è prevista la possibilità, una volta individuate le zone critiche o per necessità di acquisizione automatica in tempo reale, di attrezzare il tubo con sonde inclinometriche fisse, che verranno posizionate nel tubo di misura alle quote ritenute critiche (catena inclinometrica). Le postazioni fisse potranno essere così lette o periodicamente o mediante acquisizione automatica in modo da sorvegliare costantemente il possibile movimento in atto. La catena inclinometrica fissa, una volta terminata la sua funzione potrà essere asportata ed inserita in qualsiasi altro tubo inclinometrico di cui si voglia ottenere un monitoraggio continuo.

Descrizione e modalità esecutive

Tubi

Esistono tubi di diverso tipo, per l'utilizzo nella tratta in esame si prestano di più quelli in ABS, hanno in genere lunghezza di 3m, spessore circa 4mm e diametri nominali 76mm, giuntati mediante manicotti. Possiedono, al loro interno, 4 scanalature di guida entro cui scorre sia la sonda rimovibile, sia le sonde fisse. Le 4 scanalature sono tra loro ortogonali ed hanno la funzione di guidare ed orientare le sonde durante le letture.

Ai fini della precisione delle misure è importante che le scanalature dei tubi presentino una spirality inferiore a 0.5° per metro.

Caratteristiche tecniche

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • materiale • diametro interno • lunghezza spezzoni • spessore • max. torsione ammissibile • max. compressione lungo l'asse del tubo • manicotto di giunzione • lunghezza manicotto | ABS - Alluminio
min. 60mm - max. 80mm
3 metri
min. 3mm
>171m
1% della lunghezza spezzone
auto-allineante sui due spezzoni di tubo
min. 200mm |
|--|---|

Sonda Inclinometrica (acquisizione manuale dati)

La sonda inclinometrica è costituita da un contenitore cilindrico con lunghezza compresa tra 70 e 100cm, munito di due carrelli per lo scorrimento nelle guide dei tubi; al suo interno è alloggiato il sensore di misura (biassiale) che dovrà essere di tipo servoaccelerometrico.

La distanza tra il carrellino superiore e quello inferiore della sonda (lunghezza operativa), che è generalmente di 0.5 metri, costituisce il passo minimo con il quale è possibile effettuare le misure.

La sonda dovrà permettere le misure all'interno di tubi aventi diametro tra le guide da 40 a 85 mm.

Dato che le letture inclinometriche sono di tipo comparativo (gli eventuali spostamenti nel tempo vengono riferiti alla lettura iniziale), fondamentale requisito delle misurazioni è la ripetibilità.

Pertanto la sonda deve essere realizzata secondo elevati standard qualitativi e i materiali impiegati devono rispondere a severe specifiche prestazionali rispetto ai diversi fattori d'esercizio che possono alterare nel tempo la sensibilità e precisione della sonda. In particolare, per la sonda biassiale, devono essere garantiti elevati standard qualitativi miranti ad assicurare la massima ortogonalità tra gli assi dei sensori e l'allineamento con il piano carrello.

Inoltre, per assicurare la precisione delle letture inclinometriche, è altrettanto essenziale che la sonda sia sottoposta periodicamente ad un accurato controllo di taratura.

Caratteristiche tecniche

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - tipo di misura - tipo di sensore - campi di misura - precisione sensore - campo di temperatura - carrello porta sensore | inclinometrica continua in tubo scanalato
servoaccelerometro biassiale
$\pm 30^\circ$
$\pm 0.1 \text{ mm} / 500 \text{ mm}$
$-20 +70 \text{ }^\circ\text{C}$
sonda a rotelle basculanti in acciaio inox |
|--|--|

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- | | |
|---------------------|--------------------|
| - interasse rotelle | 500 mm |
| - sensibilità | ±0.05 mm per 500mm |
| - precisione | ±0.1% f.s. |
| - ripetibilità | 0.01% f.s. |

Catena Inclinometrica (acquisizione automatica dati)

Si tratta di un inclinometro composto da una serie di sonde biassiali potenziometriche removibili (catena inclinometrica) predisposte per essere posizionate all'interno di una tubazione inclinometrica e atte a rilevare le deformazioni del terreno con acquisizione dati anche remota.

L'installazione è del tutto simile a quella degli inclinometri (i tubi inclinometrici usati sono infatti gli stessi), la catena inclinometrica può essere asportata ed installata in qualsiasi altro tubo inclinometrico.

Il posizionamento delle sonde all'interno del tubo avviene sospendendo ciascuna sonda ad un cavo in acciaio o ad aste in VTR, il tutto collegato ad una testa di sospensione montata all'estremità superiore della colonna.

L'acquisizione e l'elaborazione dei dati sono esattamente uguali alle altre sonde removibili.

Caratteristiche tecniche

- tipo di misura inclinometrica in tubo a quote fisse su 2 assi
- tipo di sensore biassiale potenziometrico a pendolo
- campo di misura ± 10°
- sensibilità 0.05% del f.s.
- precisione <0.5% del f.s.
- campo di temperatura -20 +70°C
- carrello porta sensore sonda a rotelle basculanti in acciaio inox
- interasse rotelle 1000 mm
- attacco sonde testa di sospensione con cavo di acciaio o aste in VTR

Centralina di misura

E' uno strumento di misura di precisione, contenuto in un involucro realizzato in robusto materiale con adeguato grado di protezione, con il quale si:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- alimentano i sensori della sonda;
- amplificano i segnali rilevati
- registrano o visualizzano i valori di lettura.

A secondo delle modalità di acquisizione dei valori di lettura, abbiamo due tipi di centraline: manuale ed automatico.

Cavo di connessione

Il cavo sostiene la sonda nel tubo durante le varie posizioni di misura, fornisce l'alimentazione ai sensori e trasmette i segnali rilevati alla centralina di misura.

Un idoneo cavo deve assicurare un carico a rottura di almeno 200 – 250 kgf ed allungamento del 5% con un carico di 20 kg, mentre i connettori devono essere a tenuta stagna almeno fino a 10 bar.

Installazione

Perforazione

La colonna inclinometrica deve essere installata in un foro di perforazione costituito da un sondaggio a distruzione di nucleo, con diametro minimo 101 mm.

La perforazione in cui sarà installato il tubo inclinometrico dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- diametro sufficiente all'inserimento del tubo inclinometrico; vi deve essere spazio sufficiente anche per l'inserimento del tubetto di iniezione;
- deviazione globale dalla verticale $\leq 1,5\%$.

I rivestimenti di perforazione, se presenti, dovranno essere estratti solo a trazione e non a rotazione per non indurre effetti di torsione sul tubo inclinometrico.

Operazioni preliminari

Prima dell'installazione, dovrà essere controllato quanto segue:

- i tubi e i manicotti non devono avere lesioni o schiacciamenti dovuti al trasporto;
- le estremità dei tubi e dei manicotti non dovranno avere sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi e lo scorrimento delle sonde di misura;
- l'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna inclinometrica;
- la composizione della miscela di cementazione che sarà costituita da acqua, cemento e bentonite (rapporto 100-30-5 parti in peso);

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- il tipo e la scadenza del collante da utilizzare, l'efficienza della morsa di sostegno.

Posa in opera

Precedentemente o contemporaneamente all'esecuzione del sondaggio i vari segmenti di tubo devono essere assemblati secondo la seguente procedura :

- collegare due tubi inclinometrici tramite l'apposito manicotto. Il collegamento viene eseguito grazie alle 4 guide di tubo e manicotto, che devono coincidere. Sulla testa del tubo che viene infilato nel manicotto deve essere spalmato uno strato di colla o silicone. Fissare i manicotti con quattro rivetti siliconati, ponendo attenzione affinché le due facce dei due spezzoni di tubi siano perfettamente combacianti;
- sigillare con nastro adesivo la giunzione dei due tubi così uniti al fine d'impedire l'entrata di boiaccia all'interno della colonna inclinometrica;
- collegare la canna d'iniezione (in pvc) al tubo di fondo foro (chiuso con l'apposito tappo) tramite robusti legacci realizzati con nastro adesivo o fascette tenditrici. Lo sfiato della cannetta dovrà essere posizionato ad almeno 50 cm di distanza dal tappo del tubo inclinometrico e la canna stessa dovrà essere incisa nel suo primo tratto tramite taglierino in due - tre punti equidistati tra loro circa 20 cm;
- infilare le prime due tubazioni all'interno del foro e mantenerle sospese a boccaforo tramite l'apposita forchetta; prendere un terzo tubo e collegarlo agli altri due seguendo le indicazioni appena menzionate e proseguire in questa maniera con gli altri segmenti fino a fondo foro;
- se la lunghezza della colonna inclinometrica supera i 30 m, si provvederà ad accoppiare due tubi d'iniezione, uno partente dal foro ed uno circa da metà lunghezza. Se nel foro c'è presenza d'acqua, anche i tubi verranno riempiti d'acqua pulita, in modo da non forzare durante la discesa della colonna, evitando l'effetto galleggiamento della colonna di tubi. Per favorire il centraggio della colonna nel foro si potranno utilizzare distanziatori in gomma o materiale simile;
- al termine del posizionamento si procede alla cementazione a bassa pressione (2 – 3 atm) tramite la cannetta d'iniezione, con miscela cementizia leggermente espansiva (acqua, cemento e bentonite). L'iniezione viene eseguita attraverso la cannetta più profonda sino a circa metà altezza, quindi, per colonne inclinometriche maggiori di 30ml, attraverso la cannetta di metà lunghezza, sino all'avvenuto spurgo a boccaforo. Alla fine della cementazione, il tubo, sarà protetto con adeguato pozzetto (cls, o ghisa) e chiuso con coperchio carrabile in ghisa;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Dopo la presa del cemento utilizzato per il riempimento, verranno inserite o la sonda rimovibile o ove richiesto le sonde inclinometriche fisse. In particolare, le sonde fisse saranno mantenute sospese nel tubo mediante appositi cavi in acciaio o aste in VTR di lunghezza predeterminata; i cavi elettrici verranno fascettati o ai cavi in acciaio o alle aste in modo da garantire una sufficiente sospensione. Particolare attenzione dovrà essere riservata all'orientamento delle sonde nel tubo: queste dovranno avere tutte la stessa orientazione; a tal fine si dovrà indicare, sulla testa del tubo, in modo inequivocabile e permanente, la guida scelta come guida 1, la quale corrisponderà all'asse X di ogni singolo sensore. Le successive 3 guide saranno indicate partendo dalla 1 in senso orario. Il cavo o l'asta di sostegno saranno fissati alla testa del tubo mediante l'apposito incavo ricavato sul tappo di chiusura del tubo. I cavi elettrici di connessione verranno cablati verso il sistema di acquisizione tramite dei condotti interrati.

Collaudo della tubazione inclinometrica e lettura iniziale di riferimento

Al termine delle operazioni di installazione e cementazione, non prima di 10 ÷ 14 giorni dalla installazione del tubo, si dovrà verificare la funzionalità della tubazione inclinometrica attraverso il controllo della continuità e dell'allineamento degli spezzoni di tubo e la verifica della rispondenza dell'inclinazione e della spirallatura della tubazione alle specifiche di accettazione. La strumentazione necessaria per il collaudo della tubazione inclinometrica dovrà comprendere una sonda testimone per il controllo dell'integrità della tubazione, una sonda inclinometrica, con le caratteristiche tecniche specificate, per il controllo della verticalità ed una sonda spiralometrica, a controllo meccanico od elettronico, che consenta la misura dell'azimut del tubo in ogni sezione con una sensibilità inferiore a 0.5°/m. Il controllo verrà eseguito calando nel foro una sonda testimone (di caratteristiche analoghe a quella da utilizzarsi per le successive misure), facendola scorrere lungo le guide del tubo fino a fondo foro, estraendola e quindi ripetendo l'operazione altre tre volte, dopo aver ruotato la sonda di 90° ogni volta che viene estratta dal foro. Il tubo inclinometrico verrà dichiarato idoneo se la sonda testimone sarà passata in tutte e quattro le guide senza incontrare ostacoli sia in discesa sia in risalita. In questa fase, inoltre, verrà scelta la guida di riferimento (guida 1), preferibilmente orientata secondo la probabile direzione di movimento, se ne misurerà l'azimut, e si numereranno tutte le guide in senso orario.

Successivamente dovrà essere verificata anche la verticalità e la spirallatura del tubo, verrà dichiarato idoneo se la deviazione dalla verticale rilevata sarà inferiore al 1,5% e la spirallatura totale sarà inferiore a 0.5°/metro lineare.

Le letture sulla tubazione estensimetrica dovranno essere eseguite partendo da fondo foro, con

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

passo di 1 m.

Documentazione

La documentazione dovrà comprendere:

- Informazioni generali (sito, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- stratigrafia del foro di sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- caratteristiche del tubo inclinometrico installato;
- caratteristiche della miscela utilizzata per la cementazione del tubo e quantità assorbita durante la cementazione;
- schema di installazione nel foro del tubo inclinometrico;
- coordinate assolute della estremità superiore del tubo inclinometrico (guida di riferimento);
- azimut della guida di riferimento e schema della numerazione delle guide;
- misura iniziale di deviazione dalla verticale;
- misura della spiralatura;
- risultati della lettura iniziale di riferimento;
- numero di codice e matricola, certificato di taratura e calibrazione, schema di installazione, orientamento nella guida dei sensori installati (nel caso di utilizzo delle sonde fisse)
- osservazioni e note eventuali.

I dati vengono graficati nel diagramma “spostamenti orizzontali - profondità” che permette di valutare l'andamento delle deformazioni dell'ammasso lungo la verticale dello strumento.

14.6 Misura geotecnica estensimetrica incrementale tipo Increx

Generalità

La posa in opera all'interno di un foro di sondaggio comunque inclinato di una tubazione per misure estensimetriche incrementali consente, attraverso l'uso di una apposita sonda removibile, il rilievo delle variazioni di lunghezza lungo la tubazione conseguenti a deformazioni nel terreno in cui è inserita. Il principio di funzionamento si basa sull'induzione elettromagnetica che consente di determinare la posizione e gli spostamenti di appositi anelli metallici installati originariamente ad 1 metro l'uno dall'altro attorno al tubo guida e cementati alle pareti del foro. La misura può essere accoppiata a misure inclinometriche, in modo da determinare gli spostamenti secondo tre componenti tra loro ortogonali. Anche in questo caso gli spostamenti verticali misurati sono rappresentati come differenza tra la lettura n-esima e la lettura di zero.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Campi di impiego

Le principali applicazioni dell'estensimetro incrementale tipo Incredex sono essenzialmente:

- monitoraggio delle deformazioni degli strati di terreno sovrastanti e adiacenti le gallerie, opere in sotterraneo durante le fasi di scavo, con applicazioni degli strumenti in fori verticali eseguiti dal piano campagna;
- monitoraggio delle deformazioni degli strati di terreno interessati dalla realizzazione di opere civili durante le fasi di scavo, con applicazioni degli strumenti in fori verticali eseguiti dal piano campagna;
- controllo della stabilità delle opere di contenimento, con applicazioni analoghe al punto precedente;
- controllo dei movimenti del terreno in generale.

Descrizione e modalità esecutive

Tubi

I tubi per l'estensimetro incrementale tipo Incredex sono dello stesso tipo di quelli utilizzati per l'inclinometro infatti è possibile condurre sia letture inclinometriche che estensimetriche nello stesso tubo (vale quanto detto precedentemente a riguardo dell'inclinometro), a differenza che per le misure estensimetriche è necessario in fase di installazione posizionare degli anelli metallici all'esterno del tubo ad una distanza di 1m l'uno dall'altro.

Sonda Estensimetrica

La sonda estensimetrica è costituita da un contenitore cilindrico con lunghezza di 1,55m, munito di due carrelli per lo scorrimento nelle guide dei tubi; al suo interno è alloggiato il sensore di misura ad induzione elettromagnetica.

La distanza tra il carrello superiore e quello inferiore della sonda, è circa 1,40m. La sonda dovrà permettere le misure all'interno di tubi aventi diametro tra le guide da 63,5mm. Le letture estensimetriche sono di tipo comparativo (gli eventuali spostamenti nel tempo verranno riferiti alla lettura iniziale), fondamentale requisito delle misurazioni è la ripetibilità. Pertanto la sonda deve essere realizzata secondo elevati standard qualitativi e i materiali impiegati devono rispondere a severe specifiche prestazionali rispetto ai diversi fattori d'esercizio che possono alterare nel tempo la sensibilità e precisione della sonda. Inoltre per assicurare la precisione delle letture estensimetriche, è altrettanto essenziale che la sonda sia sottoposta periodicamente ad un

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

accurato controllo di taratura.

Caratteristiche tecniche

- | | |
|--------------------------|--|
| - tipo di misura | estensimetrica |
| - tipo di sensore | ad induzione elettromagnetica |
| - campi di misura | ± 20mm/m |
| - precisione sensore | ±0.01 mm |
| - campo di temperatura | -5 +105 °C |
| - carrello porta sensore | sonda a rotelle basculanti in acciaio inox |
| - interasse rotelle | 140 mm |
| - sensibilità sensore | 0.001mm |
| - precisione sistema | ±0.02mm. |

Centralina Di Misura

E' uno strumento di misura di precisione, contenuto in un involucro realizzato in robusto materiale con adeguato grado di protezione, con il quale si:

- alimentano i sensori della sonda;
- amplificano i segnali rilevati
- registrano o visualizzano i valori di lettura.

Aste

Il sistema prevede l'utilizzo di aste in ABS lunghe 2m, con aggancio maschio femmina. Durante la fase di lettura, saranno esse a sostenere in peso della sonda senza caricare eccessivamente il cavo di connessione garantendo una precisione maggiore.

Cavo di connessione

Il cavo, fornisce l'alimentazione ai sensori e trasmette i segnali rilevati alla centralina di misura. Deve avere 6 poli, mentre i connettori devono essere a tenuta stagna almeno fino a 15bar.

Installazione

Le fasi di installazione sono quelle previste anche per gli inclinometri, l'unica differenza riguarda la fase di assemblaggio dei tubi durante la quale bisogna posizionare gli anelli metallici a distanza di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1 metro l'uno dall'altro mediante l'utilizzo di un'apposita dima. (per il resto vale quanto detto precedentemente a riguardo dell'inclinometro).

Collaudo della tubazione estensimetrica e lettura iniziale di riferimento

Le operazioni di controllo relativa all'accessibilità del foro e alla sua idoneità alle misure sono quelle previste per l'inclinometro.

Inoltre si dovrà effettuare la calibrazione iniziale della tubazione mediante sonda estensimetrica incrementale avente precisione non inferiore a 1 µm, registrando le differenze di lunghezza di tutti i tratti strumentati rispetto alla lunghezza di riferimento di un metro. Prima dell'esecuzione della lettura di zero la sonda estensimetrica incrementale dovrà essere introdotta in apposito tubo di calibrazione e dovrà essere controllato, ed eventualmente regolato, il valore letto al display della centralina, a stabilizzazione termica avvenuta, tenendo conto della dilatazione termica del tubo di calibrazione. La determinazione dello zero di riferimento dovrà avvenire eseguendo almeno tre letture sulla medesima tubazione con calcolo del valore medio. Le letture sulla tubazione estensimetrica dovranno essere eseguite partendo da fondo foro, a stabilizzazione termica avvenuta, con passo di 1 m.

La tubazione estensimetrica verrà dichiarata idonea se tutte le distanze relative tra i riscontri di misura installati risulteranno comprese entro la tolleranza di ± 5.0 mm rispetto alla distanza nominale di 1 m.

Estensimetri fissi da foro (acquisizione automatica dati)

Gli Estensimetri fissi da foro vengono installati all'interno di tubi inclinometrici attrezzati con speciali anelli magnetici allo scopo di effettuare misure in continuo di cedimenti o spostamenti del suolo lungo l'asse della tubazione. A seconda delle applicazioni, la catena di sonde viene ancorata al fondo del foro per ottenere un riferimento profondo, oppure sospesa alla testa del tubo con un cavetto in acciaio per un riferimento di superficie. Gli estenso-inclinometri fissi sono dotati inoltre di un sensore inclinometrico biassiale; tale soluzione permette di assemblare delle catene strumentali in grado di fornire un profilo tridimensionale dei movimenti della perforazione entro cui vengono installati. Collegando gli estensimetri al sistema di acquisizione dati è possibile acquisire automaticamente le misure e trasmetterle via modem GSM presso il proprio ufficio ed attivare un sistema di allertamento.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Documentazione

La documentazione dovrà comprendere:

- informazioni generali (sito, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- stratigrafia del foro di sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- caratteristiche del tubo estensimetrico installato;
- caratteristiche della miscela utilizzata per la cementazione del tubo e quantità assorbita durante la cementazione;
- schema di installazione nel foro del tubo estensimetrico;
- coordinate assolute della estremità superiore del tubo estensimetrico (guida di riferimento);
- risultati della lettura iniziale di riferimento;
- osservazioni e note eventuali.

I dati vengono graficati nel diagramma “cedimenti verticali - profondità” che permette di valutare l'andamento delle deformazioni dell'ammasso lungo la verticale dello strumento.

14.7 Misura geotecnica estensimetrica incrementale (estrusometro)

Campi di impiego

Questo strumento è utilizzato per la misura dell'estrusione del fronte-nucleo delle gallerie, cioè per misurare il “rilassamento” dello stesso sia durante le fasi di scavo che durante i periodi di fermo lavori; durante lo scavo, logicamente andranno distrutti i primi metri di tubazione, ma la tipologia dello strumento consente la lettura sui restanti tubi infilati sul fronte di scavo.

Con l'estrusometro è possibile valutare con notevole precisione gli spostamenti longitudinali del terreno per ogni metro del tubo di misura grazie alle caratteristiche tecniche della sonda che garantiscono una precisione di posizionamento con tolleranza massima pari a 0.03 mm/m.

Descrizione e modalità esecutive

Lo strumento è costituito da una serie di tubi in HPVC (ciascuno dei quali lungo 1 metro) di diametro esterno pari a 60 mm, forniti di un manicotto con diametro esterno di 67mm che funge sia da collegamento sia da base per la battuta della sonda

Caratteristiche tecniche

Tubi:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- materiale HPVC
- lunghezza spezzoni 1 m
- Caratteristiche tecniche SONDA:
- campo di misura ± 20 mm/m
- sensibilità ± 0.01 mm
- precisione ± 0.03 mm
- campo di temperatura -10 +40°C
- impermeabile fino a 15 bar

Installazione

La colonna estensimetrica deve essere installata in un foro di perforazione, costituito da un sondaggio a carotaggio continuo o a distruzione, con diametro minimo di 110 mm.

Precedentemente e/o contemporaneamente all'esecuzione del sondaggio si devono assemblare i vari spezzoni di tubo estensimetrico secondo la seguente procedura:

- collegare due tubi estensimetrici tramite l'apposito manicotto. Il collegamento viene eseguito grazie agli appositi quattro fori circolari i quali devono coincidere con le rispettive sedi presenti nel tubo che viene infilato nel manicotto: una di queste sedi è dipinta di bianco al fine di facilitare il perfetto accoppiamento.
- inserire le viti a brugola nei quattro fori del manicotto ed avvitarle fino a portarle a filo del manicotto stesso, senza forzarle nelle loro sedi;
- sigillare con l'apposito nastro adesivo la giunzione dei due tubi così uniti al fine di impedire l'entrata di boiaccia all'interno della colonna estensimetrica;
- prendere un terzo tubo e collegarlo agli altri due seguendo le istruzioni suddette;
- ripetere le operazioni sopra descritte per gli altri spezzoni fino a raggiungere la lunghezza necessaria ma senza assemblare insieme più di tre tubi alla volta.
- collegare la canna di iniezione (costituita da materiale in PEAD PN4-6 DN 16-20) al tubo di fondo foro (riconoscibile per il tappo) tramite robusti legacci realizzati con nastro adesivo o fascette tenditrici. Lo sfiato della cannetta dovrà essere posizionato ad almeno 50 cm di distanza dal tappo del tubo estensimetrico e la canna stessa dovrà essere forata nel suo primo tratto tramite taglierino in almeno tre punti equidistanti tra loro circa 20 cm.

Se la lunghezza della canna strumentata supera i 30 ml, si provvederà ad accoppiare due tubi di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

iniezione, uno partente dal fondo e uno circa da metà lunghezza.

Eseguito il sondaggio, si deve procedere all'installazione vera e propria nel foro sub-orizzontale:

- inserire nel foro i primi tre spezzoni di tubi, tra loro precedentemente assemblati, insieme alla cannetta di iniezione già ad essi collegata;
- inserire nel foro gli altri tre metri di tubo estensimetrico, collegandoli direttamente a quelli già presenti nel foro attraverso il manicotto e seguendo le istruzioni precedentemente descritte;
- contemporaneamente introdurre nel foro anche la cannetta di iniezione e collegarla alla tubazione tramite nastro adesivo o fascette tenditrici;
- ripetere le operazioni ai punti (1), (2) e (3) fino a raggiungere il fondo foro;
- prima di procedere all'iniezione della boiaccia cementizia si deve realizzare un tappo a bocca foro utilizzando cemento a presa rapida e gesso: inoltre si deve installare una canna di sfiato (che si protenda all'interno del foro per non più di un metro) onde poter verificare l'avvenuto intasamento del foro;
- iniettare a partire da fondo foro la boiaccia cementizia con rapporto A/C = 0.5 - 0.6 ed eventualmente additivata in basse percentuali (2%) da bentonite o da additivo tipo "Flowcable" con funzione fluidificante ed acceleratore di presa. In caso di ostruzione della cannetta di iniezione più lunga, si deve proseguire la cementazione attraverso la cannetta più corta;
- a livello di riempimento raggiunto e stabilizzazione avvenuta, si deve procedere al lavaggio dell'interno del tubo strumentato al fine di eliminare eventuale sporcizia penetrata ed alla successiva iniezione di aria compressa.

Acquisizione, elaborazione dati e taratura dello strumento

La strumentazione necessaria all'esecuzione delle misure è composta sostanzialmente da: la guida (o "naso"), la sonda, il cavo, la centralina.

La procedura da osservare durante l'esecuzione delle misure *in fori sub-orizzontali* è la seguente:

- connettere la guida alla sonda che a sua volta va collegata al cavo il quale poi va connesso alla centralina;
- inserire la sonda nel foro fino a lasciar sporgere all'esterno soltanto la sua parte terminale dotata di filettatura;
- collegare la sonda ad un'asta di misura tramite l'apposita filettatura che deve essere

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sempre spazzolata con la spazzola di ferro e lubrificata con gli appositi spray prima di effettuare ogni connessione;

- collegare un'altra asta di misura a quella precedentemente infilata nel foro insieme alla sonda;
- ripetere l'operazione al punto (3) fino ad arrivare a fondo foro, senza mai tendere troppo bruscamente il cavo elettrico ne muovere la sonda troppo velocemente per non correre il rischio di urtare le basi di misura e danneggiare la strumentazione;
- giunti con la sonda a fondo foro, si comincia la lettura vera e propria: si ruota il sistema aste - sonda, si estrae con cautela fino a giungere alla prima base di lettura. In questa posizione ci si ferma, si dà un ulteriore colpo verso l'esterno del foro in modo da tendere al massimo le aste e si legge il valore sul display della centralina: tale valore rappresenta la misura di riferimento per quella specifica base;
- registrare questo primo valore, su computer portatile o su carta, utilizzando l'apposito modulo di misura;
- ruotare il sistema aste - sonda di 45°, in modo da liberarlo dalla base di misura e continuare la sua estrazione fino ad arrivare alla base successiva dove si devono ripetere le stesse operazioni precedentemente descritte ai punti (5) e (6);
- proseguire con questa procedura fino ad uscire completamente dal foro con la sonda: a questo punto l'operazione di misura è terminata.

Per quanto riguarda l'elaborazione dei dati, ogni valore ricavato dalle misure è elaborato da appositi software per la sua trasformazione in un valore numerico che rappresenta l'entità (in mm) del movimento verificatosi per ogni metro di lunghezza rispetto alla "misura zero" assunta come riferimento.

E' così possibile verificare lo spostamento di ogni "base": negli estrusometri i valori negativi indicano un movimento verso il fronte di scavo (estrusione).

I dati inoltre vengono graficati sia come valori differenziali (differenze relative tra una "base" e la successiva) sia come valori cumulativi (sommatoria dei singoli movimenti verificatisi per ogni metro di lunghezza del tubo di misura).

Per assicurare risultati accurati e corretti la strumentazione deve essere regolarmente sottoposta a calibrazione. In particolare bisogna eseguire la calibrazione prima e dopo ogni serie di misure in campagna.

La calibrazione si effettua, in una stanza a temperatura stabile e mai superiore ai 25°C, con

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

l'apposita apparecchiatura che oltre alla sonda, al cavo ed alla centralina di lettura (strumentazione già utilizzata per le misure) consta anche del tubo di calibrazione vero e proprio.

I valori di calibrazione, così ricavati, vengono poi utilizzati nell'elaborazione dei dati di campagna.

I risultati ottenuti in ogni calibrazione devono essere ogni volta riportati nell'apposita scheda che deve essere costantemente aggiornata e conservata nell'apposito archivio.

14.8 Misura geotecnica assestimetro multibase

Campi di impiego

L'assestimetro multibase, realizzato per rilevare micromovimenti del terreno in senso assiale alla perforazione in cui è inserito, viene utilizzato per la verifica dello stato deformativo degli strati di terreno sovrastanti o adiacenti ad uno scavo ed è quindi impiegato per l'analisi e la risoluzione di molte problematiche di carattere geotecnico.

Le principali applicazioni dell'assestimetro multibase sono essenzialmente:

- monitoraggio automatico delle deformazioni degli strati di terreno sovrastanti e adiacenti le gallerie durante le fasi di scavo, con applicazioni degli strumenti in fori verticali eseguiti dal piano campagna;
- monitoraggio automatico delle deformazioni degli strati di terreno interessati dalla realizzazione di opere civili durante le fasi di scavo, con applicazioni degli strumenti in fori verticali eseguiti dal piano campagna;
- controllo della stabilità delle opere di contenimento, con applicazioni analoghe al punto precedente;
- controllo dei movimenti del terreno in generale.

Descrizione e modalità esecutive

Lo strumento è costituito da una serie di aste, dette basi, in vetroresina (VTR) o acciaio, ciascuna delle quali collegata ad una zavorra di ancoraggio in acciaio ad aderenza migliorata, ad una profondità diversa l'una dall'altra, da cementare in foro mediante degli appositi tubi di iniezione e sfiato. Il vantaggio di avere più basi di misura si traduce nella possibilità dello strumento di valutare i cedimenti differenziali degli strati di terreno posti a profondità differenti. Si utilizzeranno prevalentemente strumenti a tre e due basi di misura.

Tali zavorre sono collegate, tramite le basi in VTR o acciaio che scorrono liberamente all'interno di tubi di protezione in PVC, ad una testa di misura ubicata a vista, sulla quale è possibile mediante Eurolink S.C.p.A.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

un comparatore centesimale rimovibile o tramite trasduttori elettrici di spostamento, installati uno per ogni asta di misura, valutare ogni piccolo movimento in profondità.

In questo caso la misura viene rilevata con una centralina portatile o con un sistema automatico di acquisizione.

Caratteristiche tecniche

- materiale testa di misura acciaio - pvc
- materiale asta di misura acciaio - vetroresina
- materiale guaina pvc
- materiale ancoraggio acciaio ad aderenza migliorata
- campi di misura 0 ÷ 50mm
- tipo trasduttore potenziometrico
- sensibilità 0.02% f.s.
- precisione $\pm 0.3\%$ f.s.
- campi di temperatura -20 +50°C

Installazione

L'assestimetro multibase deve essere installato in un foro di perforazione, costituito da un sondaggio a distruzione di nucleo, con diametro minimo di 140 mm. Per il sostegno delle pareti del foro è previsto o l'utilizzo di un rivestimento provvisorio o la cementazione preliminare con successiva alesatura.

Lo strumento sarà fornito dalla ditta costruttrice già preassemblato con la lunghezza di tutte le basi già a misura e pronto per la posa in opera. Immediatamente a valle della perforazione, la sequenza di posa è la seguente:

- disimballaggio ed inserimento dello strumento nel foro, subito dopo l'esecuzione del foro; si dovrà prestare massima attenzione a non far piegare o spezzare le guaine durante la fase di infilaggio;
- esecuzione della cementazione degli ancoraggi, utilizzando tutti gli accorgimenti previsti per questo tipo di attività. In particolare, la cementazione dovrà avvenire, quando viene utilizzato, il rivestimento provvisorio secondo step diversi avendo cura, di sfilare il rivestimento, solo dopo aver saturato la zona in corrispondenza della zavorra di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ancoraggio. E' previsto l'uso di boiaccia di cemento - acqua con eventuale aggiunta di bentonite. La cementazione si riterrà conclusa solo dopo aver verificato a boccaforo o alla cannetta di sfiato la completa fuoriuscita dell'aria ed acqua prima e poi della miscela cementizia;

- sistemazione e cementazione della testa di misura completa di caposaldo per la battuta topografica;
- creazione di un pozzetto intorno alla testa per la protezione della stessa. Il pozzetto sarà di tipo carrabile;
- dopo la presa della miscela cementizia della boiaccia utilizzata per il riempimento, si potrà eseguire la misura di zero o con il comparatore centesimale e boccia di appoggio, o con apposita centralina dopo aver montato i trasduttori di spostamento elettrici. Nel caso di trasduttori elettrici il coperchio è dotato di un'asola che consente il passaggio dei cavi. I cavi verranno cablati verso il sistema di acquisizione tramite dei conduit interrati.

La strumentazione necessaria all'esecuzione delle misure è composta sostanzialmente: o dal comparatore centesimale e apposita boccia di raccordo o dai sensori di spostamento e collegamento agli acquisitori (centralina portatile o unità d'acquisizione automatica).

Documentazione

Le misure verranno eseguite direttamente sui trasduttori di spostamento meccanici, mentre per i trasduttori elettrici è prevista inizialmente l'utilizzo di una centralina portatile per la fase di taratura e lettura di zero; successivamente, tramite cavi elettrici i trasduttori verranno collegati al sistema automatico di acquisizione dati. A completamento delle misure relative al singolo assestometro è prevista la battuta topografica delle testa che permetterà di valutare i reali spostamenti delle basi di misura.

- informazioni a carattere generale, data di installazione, problematiche varie;
- tipo di assestometro; numero di codice e matricola dei sensori installati;
- certificato di taratura e calibrazione di ogni sensore installato;
- schema geometrico d'installazione; profondità di posa delle basi di misura;
- quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota p.c.);
- data di posa; lettura di zero; tabelle con la data di esecuzione letture.

I dati ottenuti vengono graficati in un diagramma "cedimenti – tempo", in cui si visualizzano nel

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

tempo le variazioni dei cedimenti del terreno in prossimità delle zavorre.

14.9 Misura geotecnica misuratori di giunti (fessurimetri)

Campi di impiego

L'evoluzione delle fessure che possono interessare qualsiasi tipo di struttura (fabbricati, CLS definitivo delle gallerie, ecc.), viene tenuta sotto controllo mediante fessurimetri elettrici disposti a cavallo delle stesse fessure.

Descrizione e modalità esecutive

Ogni fessurimetro è costituito da un cilindro solidale ad un lato della fessura e contenente un trasduttore di spostamento potenziometrico, un'asta scorrevole collegata al trasduttore ed una piastra di riscontro solidale all'altro lato della fessura.

In questo modo eventuali allargamenti o restringimenti della fessura vengono seguiti dall'asta e dal trasduttore e convertiti in un segnale elettrico; le misure, essendo elettriche, vengono eseguite tramite una centralina di misura portatile o mediante collegamento elettrico ad un sistema automatico di acquisizione dati.

Caratteristiche tecniche

- campo di misura 0-25 mm
- sensibilità 0.01 mm
- precisione ±0.05 mm
- range di temperatura -10 +40 °C
- materiale cilindro acciaio inox / alluminio / pvc
- materiale asta di misura acciaio inox
- materiale riscontro acciaio inox

Installazione

Le procedure da osservare, per l'installazione, sono le seguenti :

- stabilire la geometria del movimento fessurativo, effettuare l'installazione secondo la direzione del massimo spostamento;
- eseguire con il trapano due fori profondi sui due lati delle pareti della fessura da monitorare;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- infilare i due bulloni di ancoraggio nei fori e cementarli con resine o cemento a presa rapida; aspettare quindi che il cemento faccia presa;
- infilare lo strumento di misura negli ancoraggi e stringere fino a fondo corsa le viti corrispondenti;
- eseguire la taratura mediante collegamento ad una centralina di misura.

Misure

Il dato da misurare è la distanza esistente tra i due bulloni di ancoraggio e quindi l'ampiezza della fessura e le sue variazioni nel tempo.

L'apparecchiatura di misura viene sottoposta a taratura con scadenza annuale o presso il Fornitore o presso un laboratorio autorizzato.

Il valore letto in mA viene trasformato in mm moltiplicandolo per una costante ricavabile direttamente dalla scheda tecnica di ogni strumento.

Documentazione

La documentazione finale deve comprendere:

- informazioni generali; data di posa in opera;
- ubicazione e schema geometrico d'installazione;
- certificato di taratura e calibrazione di ogni sensore installato;
- quota del punto di installazione; lettura di zero;
- tabelle con letture.

I dati acquisiti vengono graficati nel diagramma "ampiezza della fessura - tempo" dove è possibile verificare nel tempo l'andamento delle eventuali deformazioni.

14.10 Misura geotecnica tenso deformativa Barrette estensimetriche

Generalità

Gli estensimetri a corda vibrante sono costituiti da un filo d'acciaio, teso tra due supporti ancorati alla struttura da monitorare e messo in vibrazione da un elettromagnete. Le deformazioni della struttura causano un analogo movimento dei due supporti, facendo variare il tensionamento del filo. Questa variazione di tesatura provoca una variazione della frequenza di vibrazione della corda proporzionale, portando quindi a ricavare le deformazioni della corda e conseguentemente la tensione agente all'interno del rivestimento definitivo. Ne esistono varie tipologie, quelle descritte di seguito sono per il controllo delle tensioni sulle armature dette per metallo e per il controllo delle

Eurolink S.C.p.A. Pagina 208 di 259

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

tensioni sul getto dette per calcestruzzo.

Campi di impiego

- monitoraggio degli stati tensionali delle centine;
- controllo delle tensioni nei pali e nei diaframmi;
- controllo di strutture c.a. e/o cls;
- controlli tensionali di strutture prefabbricate, (anello strumentato galleria), ecc.

Descrizione e modalità esecutive

Lo strumento, è costituito da sensori estensimetrici installati al centro della barretta secondo una particolare disposizione che consente la compensazione del segnale elettrico degli effetti termici e di flessione. La barretta estensimetrica può lavorare indifferentemente sia a trazione che a compressione, inoltre la parte sensibilizzata è resinata al fine di preservare la funzionalità dello strumento nel caso di urti o immersione.

Caratteristiche tecniche

- | | |
|------------------------|---------------------------------------|
| - tipo di misura | deformazione: trazione o compressione |
| - tipo di sensore | corda vibrante o resistiva |
| - campo di misura | $\pm 1500 \mu\epsilon$ |
| - sensibilità | 2% f.s. |
| - precisione | 2% f.s.. |
| - sovraccarico ammesso | 150% F.S. |
| - campo di temperatura | -20 +70 °C |

Installazione

Installazione su armatura metallica:

- la posizione e l'orientazione delle barrette deve essere marcata sull'armatura dove saranno saldati i supporti delle barrette, mediante apposita dima;
- le barrette devono essere estratte dall'imballo e misurate con la centralina portatile; il segnale deve risultare stabile;
- le estremità delle barrette devono essere avvitate ai suddetti supporti mediante i dadi ed i controdadi in dotazione; prima di serrare la barretta ai suoi blocchetti saldati, accertarsi che la

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

saldatura sia a tenuta e la temperatura dei supporti sia tale da non determinare variazioni dopo il fissaggio della barretta;

- si esegue la taratura della barretta serrando dadi e controdadi, annotandosi quindi la lettura;
- il cavo elettrico, dotato di una protezione con guaina metallica anti-urto ed anti-schiacciamento e ricoperta in PVC, deve essere fissato lungo lo sviluppo interno dei ferri in modo da essere completamente protetto.
- una serie di letture deve essere eseguita immediatamente dopo l'avvenuta installazione, per verificarne il collegamento ed il corretto funzionamento.

Installazione delle barrette per calcestruzzo:

le barrette devono essere estratte dall'imballo e misurate con la centralina portatile; il segnale deve risultare stabile;

- Le barrette estensimetriche per cls vengono installate tramite delle fascette, metalliche o in plastica, su delle strutture di supporto, al fine di mantenere in posizione lo strumento durante le fasi di getto del calcestruzzo. Le strutture di supporto possono essere sia le armature del c.a. sia appositi tondini (\varnothing 8mm) opportunamente predisposti. Per tarare le successive letture in funzione della temperatura e dell'effetto del ritiro del cls in fase di presa, è buona norma provvedere, con opportuna periodicità, alla posa in opera di termometri e/o barrette di controllo aggiuntive.
- il cavo elettrico, dotato di una protezione con guaina metallica anti-urto ed anti-schiacciamento e ricoperta in PVC, deve essere fissato lungo lo sviluppo interno dei ferri in modo da essere completamente protetto.
- una serie di letture deve essere eseguita immediatamente dopo l'avvenuta installazione, per verificarne il collegamento ed il corretto funzionamento.

Documentazione

La documentazione dovrà comprendere:

- informazioni generali; data di posa in opera;
- codice e matricola di ogni strumento installato;
- certificato di taratura e calibrazione di ogni sensore installato;
- ubicazione e schema geometrico d'installazione;
- lettura di zero, tabelle con letture.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Lungo una stessa sezione tutti i cavi delle barrette vengono fatti convergere in un unico punto, in un'apposita cassetta di derivazione. La misura si effettua o con una centralina portatile o con il sistema di acquisizione automatico, alimentando in tensione il ponte estensimetrico e rilevandone il segnale in uscita. Dal valore in uscita dello strumento si risale alla deformazione assiale della zona centrale sensibilizzata e quindi alla deformazione in quel punto nel materiale entro il quale la barretta è stata installata o su di cui lo strumento è stato applicato. Il valore letto, viene trasformato in unità ingegneristiche moltiplicandolo per una costante ricavabile direttamente dalla scheda tecnica di ogni singolo strumento.

I dati vengono graficati nel diagramma "deformazioni - tempo" che permette di valutare nel tempo l'andamento delle deformazioni della struttura sotto osservazione.

14.11 Misura geotecnica piezometrica a tubo aperto

Generalità

Il piezometro a tubo aperto, installato in un foro di sondaggio verticale, consente il rilievo della profondità della superficie piezometrica, mediante misurazione con apposita sondina elettrica (freatimetro).

Campi di impiego

- individuazione e la definizione degli acquiferi presenti nei terreni attraversati, la misurazione dei livelli di falda e delle loro variazioni, quindi l'entità e la distribuzione della pressione dell'acqua contenuta nei vuoti (pori o fessure) del terreno;
- per controllare gli effetti prodotti dall'emungimento di pozzi nell'intorno;
- il piezometro a tubo aperto è generalmente adatto a terreni di elevata permeabilità ($k > 10^{-6}$ m/s).

Descrizione e modalità esecutive

I piezometri a tubo aperto sono costituiti da tubi di materiale plastico (generalmente PVC rigido) posti in fori trivellati nel terreno, giuntati in forma solidale fino all'ottenimento della lunghezza richiesta; i tubi sono fessurati ed eventualmente rivestiti di tessuto non tessuto per la parte in falda e ciechi nel rimanente tratto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Caratteristiche tecniche

Tubi

Il diametro interno dei tubi varia tra i 40 e 100 mm, deve essere tale da consentire il passaggio dello strumento per la misurazione del livello dell'acqua (freatimetro o piezometro elettrico). Nella zona di misura, la parete del tubo deve essere microfessurata (i tagli avranno aperture da 0,4 a 1,0 mm ca.) ed eventualmente protetta con tessuto non tessuto, circondata da materiale filtrante e, superiormente, isolata da un tampone impermeabile di altezza sufficiente ad evitare l'infiltrazione di acque superficiali.

- | | |
|--|--|
| - lunghezza tubi | 3-6 m |
| - apertura fessure | da 0,4 a 1,0 mm |
| - passo fessure | da 4 a 11 mm |
| - diametro efficace dei pori del geotessile da | 0.07 a 0.12 mm |
| - diametro interno | 40-100 mm o superiore per usi ambientali |
| - materiale | pvc rigido |

Freatimetri

La misura del livello dell'acqua nel tubo viene eseguita attraverso freatimetri (sensore elettrico con fettuccia centimetrata) oppure con piezometri elettrici inseriti in maniera fissa all'interno della tubazione. Il tempo di risposta, dato il tipo di strumento e terreno, è relativamente breve.

- | | |
|-----------|--|
| - sonda | a sez. circolare 8mm |
| - sensore | segnalatore acustico e visivo del raggiungimento del livello |
| - cavo | a sez. circolare 5mm, centimetrato |

Trasduttori di livello

- | | |
|---|--------------|
| - diaframmaceramico filtro acciaio o pvc rigido, porosità 40 micron | |
| - campi di misura | 2-5 bar |
| - sensibilità | 0.02% f.s. |
| - precisione | ±0.05% f..s. |

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- diametro esterno \cong 30 mm
- lunghezza 190 mm
- campi di temperatura -20 +50°C

Installazione

Operazioni preliminari

- il foro o il tratto di foro, dove deve essere installato il tubo piezometrico, deve essere perforato ad acqua;
- il foro, in materiali sciolti, deve essere sostenuto da un rivestimento provvisorio;
- il diametro del foro ($\varnothing \geq 141$) deve essere idoneo a garantire una perfetta installazione del tipo e delle quantità di piezometri previsti;
- assemblaggio della tubazione, rivestimento del tratto fenestrato con tessuto non tessuto;
- preparazione della miscela cemento-bentonite-acqua, da utilizzare per il riempimento, dovranno essere tali affinché si ottenga una consistenza della miscela, a presa avvenuta, simile a quella del terreno nella zona del piezometro, la cementazione verrà eseguita a bassa pressione 2-3bar dal basso verso l'alto. Indicativamente una miscela costituita da 30 parti di peso cemento, 5 di bentonite e 100 di acqua, può essere considerata adeguata nei terreni medi (altre raccomandazioni indicano rapporti 50-10-100 o 50-5-100).

Durante l'esecuzione delle perforazioni a distruzione di nucleo, a cui farà seguito l'installazione dei piezometri, si possono ottenere informazioni preliminari sui valori della pressione neutra attraverso il controllo del livello del fluido (solo acqua) di perforazione e delle sue eventuali variazioni. Le osservazioni devono essere effettuate ad ogni interruzione di esecuzione della perforazione di durata superiore ad alcune ore e devono essere menzionate nei rapportini di perforazione unitamente ad indicazioni sulla situazione meteorologica.

Il tempo di risposta del piezometro, cioè l'intervallo di tempo che intercorre fra l'istante in cui avviene una variazione della pressione neutra e l'istante in cui il piezometro la segnala, è funzione delle caratteristiche della apparecchiatura utilizzata e della permeabilità del terreno in cui il sensore viene inserito.

Fasi d'installazione

- si introduce il tubo piezometrico sino al terreno di base. Una volta posizionato il piezometro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

si procede all'immissione, nell'intercapedine tubo fessurato – rivestimento, di materiale granulare pulito (filtro con \varnothing 2 - 4 mm) fino a 1 m dall'estremità superiore del tratto fessurato, estraendo progressivamente il rivestimento senza rotazione;

- si procede, dopo aver effettuato il filtro, all'esecuzione di un tappo impermeabile di spessore pari a circa 0,5m, formato da palline di bentonite o argilla opportunamente pestellata, onde isolare la zona filtrante dal resto del foro;
- l'estremità del/i tubo/i sarà protetta con apposito tappo;
- in ultimo, si pone in opera un pozzetto in cls, pvc o ghisa con copertura carrabile in ghisa.

Collaudo della tubazione piezometrica e lettura iniziale di riferimento

Al termine delle operazioni di installazione e cementazione, non prima di 12 ÷ 24 ore dall'installazione del tubo, si dovrà verificare la funzionalità della tubazione piezometrica attraverso il controllo della continuità degli spezzoni di tubo. La strumentazione necessaria per il collaudo della tubazione piezometrica consiste nell'utilizzo di un freatimetro a sensore elettrico. Il controllo verrà eseguito calando il puntale del freatimetro dentro il tubo guida e controllando che arrivi alla quota stabilita senza problemi. Successivamente si procede alla misura della quota della falda.

La misura da effettuare consiste nell'individuazione del livello della falda acquifera nel terreno tramite apposita sonda (freatimetro) o piezometri elettrici fissi.

Utilizzando il freatimetro, le operazioni da effettuare sono le seguenti :

- accendere il freatimetro e verificarne il corretto funzionamento immergendo il puntale in un qualsiasi recipiente pieno d'acqua pulita;
- introdurre il freatimetro all'interno del tubo piezometrico;
- lasciare scivolare in profondità per gravità il freatimetro all'interno del foro fino ad udire il segnale acustico che indica il raggiungimento, da parte della sonda, della superficie piezometrica;
- constatare che il suono sia continuo, escludendo così la possibilità che si tratti di una falsa misura, quindi sollevare la sonda fino a far cessare il cicalino;
- muovere lentamente su e giù il cavo per tratti millimetrici fino ad intercettare con precisione il punto di innesco del cicalino;
- appoggiare e fermare il cavo al bordo superiore del tubo piezometrico in misura;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- leggere la distanza dal bocca tubo rilevata direttamente sul cavo centimetrato collegato alla sonda, quindi trascrivere tale valore sull'apposito modulo.

Utilizzando i trasduttori di livello (costituiti da un corpo in acciaio inossidabile a tenuta stagna contenente il trasduttore di pressione montato su supporto ceramico), si seguirà la seguente procedura :

- stendere il cavo collegato al trasduttore e misurarne l'esatta distanza, pari alla profondità di posa rispetto al p.c.; marcare con nastro il punto sul cavo;
- calare il trasduttore entro il tubo in PVC alla profondità prestabilita, reggendolo per il cavo;
- raggiunta la quota, sospendere lo strumento per mezzo di un idoneo sistema di fissaggio da applicare in superficie all'estremità del tubo medesimo;
- leggere sul display della centralina il valore di misura che indicherà il battente idraulico al di sopra della quota di posa del sensore; riportare tale valore sugli appositi moduli.

Documentazione

- informazioni a carattere generale, data di posa, problematiche varie;
- tipo di piezometro; numero di codice e matricola;
- schema geometrico d'installazione; profondità di posa;
- quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.) e del boccaforo;
- tabelle con letture piezometriche

I dati ricavati dalle misure vengono graficati nel diagramma "quota dal p.c.- tempo" nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di profondità subite dalla superficie piezometrica.

14.12 Misura geotecnica piezometrica tipo Casagrande

Generalità

Il piezometro tipo Casagrande consente il rilievo, mediante apposita sondina elettrica (freatimetro) munita di cavo graduato, della profondità della superficie piezometrica, attraverso l'inserimento in un foro di sondaggio di un piezometro costituito da un filtro cilindrico collegato a due tubi rigidi i per il raccordo con la superficie.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Campi di impiego

- individuazione e la definizione degli acquiferi presenti nei terreni attraversati, la misurazione dei livelli di falda e delle loro variazioni, quindi l'entità e la distribuzione della pressione dell'acqua contenuta nei vuoti (pori o fessure) del terreno.
- per controllare gli effetti prodotti dall'emungimento di pozzi nell'intorno;

L'impiego del piezometro tipo cella di Casagrande è adatto a terreni con permeabilità medio-bassa ($k > 10^{-8}$ m/sec).

Descrizione e modalità esecutive

I piezometri di tipo Casagrande sono costituiti da un filtro cilindrico di materiale poroso (ceramica, plastica porosa) avente una cavità interna, collegata con una doppia tubazione piezometrica. L'elemento filtrante (cella) ha lunghezza di circa 20cm e diametro esterno compreso tra 5 e 6.5 cm. Il diametro dei tubi dipende dal tipo d'impiego: solo per letture manuali ($\varnothing 1.0''$) o per letture manuali e automatiche ($\varnothing 1.5''$ gas), e spessore non inferiore a 3mm.

Lo strumento viene calato in fori trivellati a distruzione di nucleo. La posizione del piezometro dipenderà dalla profondità alla quale si vuole eseguire la misura. La misura del livello dell'acqua nel tubo viene eseguita attraverso freatimetri (sensore elettrico con fettuccia centimetrata) oppure con trasduttori di livello.

Il tempo di risposta delle variazioni piezometriche rilevabili con celle tipo Casagrande, in questi tipi di terreni, è relativamente breve.

Caratteristiche tecniche

Tubi

- | | |
|--|----------------|
| - lunghezza tubi | 3-6 m o rotolo |
| - diametro interno per letture manuali | 1,0'' |
| - diametro interno per letture automatiche | 1,5'' |
| - materiale | pvc rigido |

Cella di "Casagrande"

- | | |
|-------------|-----------------------------------|
| - cella | ceramica porosa o plastica porosa |
| - lunghezza | $\cong 200$ mm |

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- porosità 20 micron
- diametro esterno 50 - 65mm

Freatimetro

- sonda a sez. circolare 8mm
- sensore segnalatore acustico e visivo del raggiungimento del livello
- cavo a sez. circolare 5mm, centimetrato

Trasduttori di livello

- diaframmaceramico filtro acciaio o pvc rigido, porosità 40 micron
- campi di misura 2-5 bar
- sensibilità 0.02% f.s.
- precisione $\pm 0.05\%$ f..s.
- diametro esterno $\cong 30$ mm
- lunghezza 190 mm
- campi di temperatura -20 +50°C

Installazione

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- il foro, dove deve essere installata la cella piezometrica, deve essere perforato ad acqua;
- il foro, in materiali sciolti, deve essere sostenuto da un rivestimento provvisorio;
- il diametro del foro deve essere idoneo a garantire una perfetta installazione del tipo e delle quantità di piezometri previsti (es.: 2 celle di Casagrande $\varnothing \geq 141$; solo cella di Casagrande $\varnothing \geq 110$);
- per l'installazione di due piezometri nello stesso foro, si dovrà procedere prima dell'installazione del secondo piezometro (cc), al riempimento, a meno di 1,5m, del tratto di foro compreso tra i due piezometri (ritirando, quando presenti, man mano i rivestimenti provvisori) con argilla in modo da isolare le 2 celle.

Le proporzioni della miscela cemento-bentonite-acqua, da utilizzare per il riempimento, dovranno essere tali affinché si ottenga una consistenza della miscela, a presa avvenuta, simile a quella del

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

terreno nella zona del piezometro. Indicativamente una miscela costituita da 30 parti di peso cemento, 5 di bentonite e 100 di acqua, può essere considerata adeguata nei terreni medi (altre raccomandazioni indicano rapporti 50-10-100 o 50-5-100). Iniettate da fondo foro a bassa pressione 2-3bar.

Fasi d'installazione

- posa del tappo impermeabile inferiore costituito da palline preconfezionate di bentonite (1-2 cm) in strati, per lo spessore complessivo di 0,5 m;
- posa di uno strato di sabbia per uno spessore di 0,5 metri;
- discesa a quota del piezometro (mantenuto fino a quel momento in acqua pulita), assicurandosi che i giunti di collegamento dei relativi tubi garantiscano una perfetta tenuta idraulica;
- posa di sabbia pulita attorno e sopra (0,5 m) il piezometro, ritirando man mano la colonna di rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti e che in colonna ci sia sempre un po' di sabbia;
- posa del tappo impermeabile superiore costituito da palline preconfezionate di bentonite (1-2 cm) in strati per lo spessore complessivo di 0,5 m, ritirando man mano i rivestimenti (senza ruotare) e costipando sui livelli di ghiaietto. Il rivestimento viene man mano ritirato con la solita avvertenza. (Nel caso di vicinanza alla quota di posa del secondo piezometro - ove prescritto - il tappo impermeabile può essere prolungato fino a 0,5 m al di sotto di tale quota; la posa del secondo piezometro avverrà ripetendo le operazioni precedentemente descritte);
- riempimento del foro al di sopra del tappo impermeabile superiore fino alla sommità, mediante malta costituita da cemento-bentonite-acqua con le proporzioni sopra menzionate, colata attraverso aste discese al fondo del foro.
- Sistemazione e protezione dell'estremità del o del piezometro con la creazione di pozzetto di cls, ben cementato nel terreno, munito di coperchio carrabile in ghisa;

Collaudo della tubazione piezometrica e lettura iniziale di riferimento

Al termine delle operazioni di installazione e cementazione si procede con lo spurgo mediante acqua in pressione e collaudo per la determinazione della prima lettura significativa a seguito dell'esecuzione di una serie di almeno tre letture, la prima delle quali deve avvenire a non meno di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2 ore dalla realizzazione del piezometro e le successive a distanza di 24 ore l'una. Si dovrà verificare la funzionalità della tubazione piezometrica attraverso il controllo della continuità degli spezzoni di tubo. La strumentazione necessaria per il collaudo della tubazione piezometrica consiste nell'utilizzo di un freatimetro a sensore elettrico. Il controllo verrà eseguito calando il puntale del freatimetro dentro i tubi giuda e controllando che arrivi alla quota stabilita per la cella senza problemi. Successivamente si procede alla misura della quota della falda.

La misura da effettuare consiste nell'individuazione del livello della falda acquifera nel terreno tramite apposita sonda (freatimetro centimetrato) o trasduttori di livello.

Utilizzando il freatimetro, le operazioni da effettuare sono le seguenti :

- accendere il freatimetro e verificarne il corretto funzionamento immergendo il puntale in un qualsiasi recipiente pieno d'acqua; introdurlo quindi all'interno del tubo piezometrico;
- lasciare scivolare in profondità per gravità il freatimetro all'interno del foro fino ad udire il segnale acustico indicante il raggiungimento da parte della sonda della superficie piezometrica della falda da misurare.
- constatare che il suono sia continuo, escludendo così la possibilità che si tratti di una falsa misura;
- sollevare la sonda fino a far cessare il cicalino e muovere lentamente su e giù il cavo per tratti millimetrici fino ad intercettare con precisione il punto di innesco del cicalino;
- appoggiare e fermare il cavo al bordo superiore del tubo piezometrico in misura e leggere la quota rilevata direttamente sul cavo collegato alla sonda, trascrivendo tale valore sull'apposito modulo. Ripetere la misura su entrambe i tubi di misura scarti accettabili sono dell'ordine di 10-15cm in altri casi lo strumento risulta da spurgare.

Utilizzando i trasduttori di livello (costituiti da un corpo in acciaio inossidabile a tenuta stagna contenente il trasduttore di pressione montato su supporto ceramico "filtro"), si deve seguire la seguente procedura :

- al posto di uno dei due tubi da 3/4", bisogna collegare, immediatamente al di sopra della cella porosa, un tubo da almeno 1.5", in modo che lo stesso possa essere utilizzato per calare al fondo il sensore piezometrico;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- stendere il cavo collegato al trasduttore e misurare l'esatta distanza pari alla profondità di posa rispetto al p.c.; marcare con nastro il punto sul cavo;
- calare il trasduttore entro il tubo in PVC da 1.5", alla profondità prestabilita, reggendolo per il cavo; raggiunta la quota, sospendere lo strumento per mezzo di un idoneo sistema di fissaggio da applicare in superficie all'estremità del tubo medesimo;
- leggere sul display della centralina il valore di misura e riportare tale valore sugli appositi moduli.

Documentazione

informazioni a carattere generale, data di installazione, problematiche varie;
 tipo di piezometro; numero di codice e matricola;
 schema geometrico d'installazione; profondità di posa;
 quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.) e quota/e boccaforo;
 tabelle con letture piezometriche.

I dati ricavati dalle misure vengono graficati nel diagramma "quota dal p.c.- tempo" nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di profondità subite dalla superficie piezometrica.

14.13 Misura geotecnica celle di carico

Campi di impiego

Le celle di carico si compongono di un corpo cilindrico in acciaio e di una piastra in acciaio che permette una più omogenea ripartizione del carico. Vengono utilizzate per garantire la sicurezza di opere di sostegno sia provvisorie che permanenti. Si suddividono in:

- celle di carico per centine, composta da due piastre di dimensioni analoghe al piede delle centine. Permettono di misurare la variazione di carico che la struttura sopporta.
- cella di carico per tiranti, costituita da un corpo di forma toroidale che consente il controllo della fase di tesatura di tiranti e del loro rilascio tensionale in fase di esercizio.

Descrizione e modalità esecutive

In generale lo strumento è costituito da sensori tipo "strain gauges" alloggiati sulla superficie della

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

cella in una particolare configurazione (griglia estensimetrica) da consentire la misura delle deformazioni della cella sottoposta al carico di lavoro. La griglia è configurata in modo da poter conservare la piena funzionalità dello strumento in caso di urti o d'immersione.

Sotto carico la cella subisce una deformazione che viene rilevata dagli estensimetri i quali variando il loro valore di resistenza, generano in uscita un segnale elettrico proporzionale al carico applicato.

Caratteristiche tecniche cella di carico per tirante toroidale

- portata da 100 a 1000KN
- diametro interno minimo 40 mm
- sensibilità 0.01% f.s..
- precisione $\pm 0.5\%$ f.s.
- campo di temperatura -20 +70 °C
- carico di rottura 150 % f.s.
- materiale acciaio inox

Caratteristiche tecniche celle di carico per centine

- portata da 500 a 3000 KN
- dimensioni adattabili al piede della centina
- sensibilità 0.01% f.s..
- precisione $\pm 0.5\%$ f.s.
- campo di temperatura -20 +70 °C
- carico di rottura 150 % f.s.
- materiale acciaio inox

Installazione

Le modalità di installazione si differenziano a seconda se la cella viene posizionata sulla testa di un bullone di ancoraggio o ai piedi di una centina.

Nel primo caso si deve osservare la seguente procedura:

- spianare e lisciare la superficie di contatto nell'intorno del foro predisposto per il tirante da strumentare, scalpellando le asperità maggiori;
- stendere un leggero strato di calcestruzzo onde garantire la planarità della superficie;
- appoggiare la cella di carico alla superficie predisposta e installare la piastra di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

distribuzione;

- iniziare le operazioni di messa in tiro del bullone, valutando subito l'opportunità di regolarne la posizione onde garantirne la perfetta planarità e conseguentemente la perfetta distribuzione del carico; tale operazione sarà eseguita controllando i valori elettrici della cella;
- procedere con la messa in carico fino al valore di progetto.

Nel secondo caso la messa in opera dovrà essere preceduta dalla realizzazione di un apposito plinto di base su cui appoggiare la piastra di ripartizione. Si deve porre massima attenzione nella collocazione della base della centina o di una trave ad essa saldata che dovrà quindi essere appoggiata sulla piastra di ripartizione superiore.

Documentazione

Lungo una stessa sezione tutti i cavi delle celle vengono fatti convergere in un unico punto, in un'apposita nicchia o scatola.

Il dato da misurare è il carico a cui è sottoposto lo strumento e quindi la struttura (tirante o centina) a cui esso è collegato e le sue variazioni nel tempo.

La misura si effettua o con una centralina portatile o con il sistema di acquisizione automatico, sia provvisorio che definitivo, alimentando e rilevandone il segnale in uscita.

Dal valore in uscita dello strumento si risale alla pressione in quel punto "materiale-struttura" entro il quale lo strumento è stato applicato.

Il valore letto, viene trasformato in unità ingegneristiche moltiplicandolo per una costante ricavabile direttamente dalla scheda tecnica di ogni singolo strumento.

L'apparecchiatura di misura viene sottoposta a taratura con scadenza annuale o presso il Fornitore o presso un laboratorio autorizzato.

I dati acquisiti vengono graficati nel diagramma "variazione carico - tempo" dove è possibile verificare nel tempo l'andamento delle eventuali variazioni di carico che subisce la struttura.

La documentazione finale deve comprendere:

- informazioni generali; data di posa in opera;
- codice e matricola di ogni strumento;
- certificato di taratura e calibrazione di ogni sensore installato;
- ubicazione e schema geometrico d'installazione;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- lettura di zero; tabelle con letture.

14.14 Misura geotecnica Cella di pressione

Campi di impiego

Le cella di pressione viene generalmente usata per il controllo delle pressioni agenti all'interfaccia tra le strutture definitive e/o provvisorie ed il terreno.

Descrizione e modalità esecutive

Il polmone d'acciaio, generalmente di forma rettangolare, non è altro che una camera idraulica (riempita d'olio speciale) in comunicazione diretta tramite un tubicino in rilsan ad alta pressione, con un trasduttore elettrico di pressione che trasforma ogni variazione di pressione agente sul polmone, in una variazione di segnale elettrico.

Caratteristiche tecniche

piatto sensore

- dimensioni tangenziali : 100x200 mm
- radiali : 150x150 mm
- spessore < 8 mm
- ripressurizzazione con pompa idraulica a mezzo olio idraulico disaerato
- materiale acciaio zincato

collegamento piatto sensore-trasduttore

- tubo rilsan diametro esterno 6 mm, spessore 2 mm
- liquido circuito olio idraulico disaerato

trasduttore di pressione

- tipo di misura pressione totale assoluta
- tipo di sensore a strain gauges foto incisi collegati a ponte intero o a corda vibrante
- diaframma ceramico, isolamento > 3 KV
- filtro polietilene sinterizzato, porosità 40 micron
- campi di misura 0 - 200 bar
- sovrappressione massima 30% f.s.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ELETTROLIVELLE:

Generalità

L'elettrolivella consente la misura della variazione di inclinazione e della rotazione di strutture.

Campi di impiego

- monitoraggio di strutture sotto l'effetto di scavi sotterranei;
- monitoraggio della stabilità di strutture in aree franose;
- monitoraggio della flessione e della deformazione di muri di contenimento;

Descrizione e modalità esecutive

L'elettrolivella è composta da un sensore elettrolitico monoassiale o biassiale di inclinazione.

Esso è saldamente ancorato ad una barra metallica che può essere facilmente montata grazie agli ancoraggi alle due estremità.

La barra è stata espressamente concepita per permettere una misura su base prolungata di 1, 2, 3 metri svincolando la misura stessa dagli effetti termici grazie alla struttura appoggiata su speciali sistemi di cuscinetti a sfere. Il sensore fornisce in uscita una tensione proporzionale all'inclinazione dello strumento. La tensione in uscita viene letta e convertita in una misura di inclinazione, sotto forma di mm/m. L'elettrolivella può essere usata singolarmente o in serie con altre per monitorare le deformazioni di strutture estese come ponti e viadotti.

Componenti della strumentazione

- corpo esterno della elettrolivella;
- sensore biassiale interno
- convertitore, terminali elettrici e collegamenti.

Caratteristiche tecniche

- Tipologia di sensore
- Elettrolitico monoassiale/
- biassiale
- Campo di misura $\pm 2^\circ$
- Alimentazione 8-24 V cc

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Uscita elettrica $\pm 2,5$ Volt $0^\circ \pm 1,5$ Volt
- Risoluzione $\pm 0,005$ mm/m
- Barra di ancoraggio su richiesta: 1, 2, 3 metri
- Classe di protezione IP65
- Temperatura di funzionamento da -20°C a $+50^\circ\text{C}$
- Ripetibilità $\pm 0,015$ mm/m

Installazione

Per l'installazione delle elettrolivelle nella fornitura è compresa un'asta avente lunghezza pari a 1, 2, 3 m, che permette l'ancoraggio alle pareti delle strutture da monitorare.

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

Installazione a parete

- sul lato della struttura ad una altezza $\leq 1,50$ m realizzare con il trapano dei fori a parete di diametro necessario per l'inserimento dei tasselli delle staffe;
- fissare le staffe montando su di esse l'asta di 1, 2, 3 m cercando di posizionarla il più possibile orizzontale;
- inserire il perno filettato al quale è collegata l'elettrolivella nel foro superiore dell'asta;
- ruotare lo strumento fino a disporre gli assi X ed Y lungo la direzione desiderata, tramite una livella sferica mettere in bolla lo strumento correggendo eventuali inclinazioni del sistema staffe-asta, agendo sul giunto sferico del perno filettato, serrare lievemente i bulloni di fissaggio;
- collegare lo strumento alla centralina e controllare la messa in bolla tramite il sensore biassiale;
- una volta in bolla serrare bene i bulloni;

Collaudo e lettura iniziale di riferimento

Al termine delle operazioni di installazione si procede col settaggio della centralina d'acquisizione e alla verifica dei dati. La lettura di zero è la prima lettura successiva all'installazione.

Documentazione

La documentazione dovrà comprendere:

- informazioni a carattere generale, data di installazione, problematiche varie;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- tipo di elettrolivella; numero di codice e matricola;
- schema geometrico d'installazione; disposizione degli assi;
- coordinate assolute elettrolivella (nel caso siano fuori terra).
- tabelle con letture.

I dati ricavati dalle misure vengono graficati nel diagramma “inclinazione (°)-tempo(GG)” nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di inclinazione lungo gli assi X ed Y.

CLINOMETRI DA PARETE:

Campi di impiego

Lo strumento permette di valutare i movimenti della struttura (fabbricato, muro ecc..) su cui è posizionato, consentendo di individuare l'entità e la direzione degli eventuali spostamenti.

L'apparecchio (*inclinometro da parete*) utilizza un sensore potenziometrico biassiale per misurare le minime variazioni di pendenza delle strutture su cui viene posto in opera.

Ogni sensore è dotato di particolarità costruttive, caratteristiche tecniche e robustezza tali da poter essere applicato agevolmente nel campo civile e nelle situazioni più gravose ed avverse.

Si prevede l'utilizzo di questo tipo di sensori per il:

- monitoraggio dei fabbricati.

Lo strumento inclinometrico montato su una apposita piastra viene fissato ad una parete del fabbricato. Uno o più strumenti, installati sullo stesso fabbricato, misurano quindi tutte le eventuali inclinazioni, in termini di entità e direzione, che lo stesso fabbricato potrebbe subire.

Descrizione e modalità esecutive

Lo strumento è costituito da un corpo in acciaio inossidabile contenente un sensore potenziometrico mono o biassiale di precisione e da una piastra di fissaggio a parete completa di supporto (eventualmente snodato) con relative bolle livellometriche per il posizionamento. Permette la registrazione della variazione angolare dell'asse di misura dei sensori rispetto la verticale gravitazionale.

La lettura dei dati avviene o direttamente tramite apposita centralina manuale o rilevati a distanza in automatico. L'acquisizione continua dei dati permette, al superamento dei limiti di soglia

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

preimpostati, di attivare segnali di allarme.

Caratteristiche tecniche

- | | | |
|---|----------------------|--|
| - | tipo di misura | variazioni angolari su strutture esterne |
| - | tipo di sensore | potenziometrico biassiale |
| - | campi di misura | $\pm 10^\circ$ |
| - | sensibilità | 0.05% f.s. |
| - | precisione | $< 0.5\%$ f.s. |
| - | campo di temperatura | $0^\circ\text{C} +50^\circ\text{C}$ |

Installazione

Le procedure da osservare sono le seguenti:

- eseguire con il trapano il numero di fori necessari per l'installazione della piastra sulla parete della struttura da tenere sotto osservazione;
- infilare i bulloni di ancoraggio nei fori predisposti e cementarli con resine o cemento a presa rapida; aspettare quindi che il cemento faccia presa;
- infilare la piastra dello strumento di misura negli ancoraggi e stringere fino a fondo corsa le viti corrispondenti;
- installare lo strumento alla piastra e mettere in bolla; eseguirne la taratura mediante collegamento dei cavi elettrici ad una centralina di misura.

Misure

Il dato da misurare è la variazione di angolo dello strumento e quindi della struttura a cui esso è collegato e le sue variazioni nel tempo.

L'apparecchiatura di misura viene sottoposta a taratura con scadenza annuale o presso il Fornitore o presso un laboratorio autorizzato.

Il segnale elettrico letto sulla centralina, uno per ogni canale corrispondente ad un piano verticale, viene trasformato in unità ingegneristiche (in gradi) moltiplicandolo per una costante ricavabile direttamente dalla scheda tecnica di ogni strumento.

Documentazione

La documentazione finale deve comprendere:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- informazioni generali;
- data di posa in opera;
- ubicazione e schema geometrico d'installazione;
- certificato di taratura e calibrazione di ogni sensore installato;
- orientamento dell'asse X e dell'asse Y;
- quota del punto di installazione; lettura di zero;
- tabelle con letture.

I dati acquisiti vengono graficati nel diagramma “variazione angolare - tempo” dove è possibile verificare nel tempo l'andamento delle eventuali variazioni di inclinazione.

14.16 RILIEVO GEOLOGICO STRUTTURALE DEI FRONTI DI SCAVO

Generalità

Tali rilievi consistono nel rilevamento e restituzione grafica e numerica delle caratteristiche geologico-geostrutturali e geomeccaniche del fronte di scavo, durante l'avanzamento. Vengono operate le seguenti distinzioni:

- rilievi di tipo “analitico”
- rilievi di tipo “speditivo”

Campi di impiego

- sui fronti di scavo delle gallerie in avanzamento;

Descrizione e modalità esecutive

I rilievi dovranno essere compilati sulla base delle indicazioni di seguito riportate, prevedendo l'archiviazione dei dati su apposite schede (di cui si riporta un esempio in allegato) e su computer. Durante l'esecuzione dei rilievi potranno essere prelevati campioni per le prove di laboratorio, in particolare in corrispondenza dei rilievi analitici.

RILIEVI DI TIPO “ANALITICO”

caratteristiche litologico-stratigrafiche e strutturali;
 caratteristiche geotecniche e geomeccaniche.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Con riferimento alla scheda allegata

a) Caratteristiche dell'ammasso (roccia/terreno)

- 1) genesi del litotipo
- 2) litologia e caratteristiche petrografiche macroscopiche
- 3) condizioni (grado e tipo di cementazione/compattezza)
- 4) granulometria
- 5) stato (grado di alterazione)
- 6) colore
- 7) assetto generale dell'ammasso roccioso individuabile a scala del fronte stratificazione (stratigrafia, stratimetria), scistosità, clivaggio, inclinazione, direzione e spessore (cm)

b) Caratteristiche discontinuità

- 8) tipo (faglia, fratture)
- 9) localizzazione
- 10) giacitura (inclinazione, direzione)
- 11) geometria
- 12) tipo riempimento
- 13) JRC (in ammassi rocciosi, es. calcari)
- 14) JCS (in ammassi rocciosi, es. calcari)

c) Osservazioni

- 15) ritenzione idrica e venute d'acqua valutata sugli ultimi 8-10 m di scavo
- 16) distacchi gravitativi (ubicazione e geometrie volumi)
- 17) interventi di consolidamento e contenimenti presenti

Relativamente al punto a) nella descrizione delle caratteristiche di cui al p.to 2), eseguita visivamente, si dovrà dare precedenza alle dimensioni ad affinità genetica o composizionale relegando ai soli casi di necessità la scelta del criterio granulometrico tessiturale. Tale considerazione risulta importante ai fini della comprensibilità delle caratteristiche primarie del materiale da cui discendono tutte le altre. Dovranno pertanto evitarsi classificazioni litologiche puramente granulometriche avulse dalle caratteristiche e petrografico-composizionali. Il p.to 3) dovrà essere descritto individuando il grado (con aggettivo) e il tipo di cementazione (natura e

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

composizione del cemento) e riferendosi a una scala riconosciuta internazionale nella descrizione della compattezza (scala comparativa di riconoscimento manuale). Le caratteristiche granulometriche (4) dovranno essere stimate visivamente per tutti i materiali riportati nel rilievo del fronte di scavo, relegando, se ritenuto necessario, a una determinazione di laboratorio su campioni rappresentativi prelevati manualmente l'esatto contenuto granulometrico del materiale. In entrambi i casi si dovrà utilizzare la nomenclatura proposta dall'AGI. Nel caso di materiali di natura prevalentemente granulare la stima visiva potrà essere eseguita con l'uso di un comparatore granulometrico. Il grado di alterazione (5) dovrà essere indicato secondo una delle metodologie correnti o almeno utilizzando tre gradi come per esempio: sano, mediamente alterato, completamente alterato. Il colore (6) sarà riferito prevalentemente al materiale non alterato secondo una scuola nota. La stratificazione (stratigrafia, stratimetria p.to 7) riscontrabile sul fronte sarà descritta con il maggior dettaglio possibile e misurata se possibile direttamente, altrimenti indirettamente con un fotogramma tarato (previo posizionamento di una stadia o una bindella metrica sul fronte). La descrizione della successione dovrà eseguirsi anche graficamente con la rappresentazione del fronte di scavo e dei materiali costituenti. L'assetto giaciturale (inclinazione, direzione d'immersione) verrà misurato con bussola rilevandone le caratteristiche di immersione (dip) e direzione di immersione (dip direction). Infine un'adeguata documentazione fotografica dovrà corredare il rilievo riportando la vista complessiva del fronte e i particolari ritenuti importanti per la caratterizzazione.

Relativamente al punto b), da eseguirsi nell'eventualità di un fronte di completamente in roccia, si tratta delle caratteristiche mesostrutturali secondarie dell'ammasso roccioso rappresentante dal reticolo di discontinuità composto da faglie, fratture, diaclasi, ecc. Il loro rilievo sarà eseguito secondo le prescrizioni ISRM1 (International Society of Rock Mechanics) e debitamente restituito attraverso le rappresentazioni grafico-numeriche consuete (proiezioni stereografiche istogrammi statistici, ecc.). La tipologia e natura dei piani di discontinuità principali (8, 9) va descritta distinguendo se si tratta di fratture, faglie o diaclasi, indicandone in tabella e sul rilievo pittorico l'esatta localizzazione. La giacitura (10) dei singoli piani di discontinuità (DIP = inclinazione della direzione di immersione, DIP DIRECTION = azimuth della direzione di immersione) va rilevata

1 "Suggested Methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials" ISRM Committee on Laboratory Tests.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

mediante la bussola geologica e riportata numericamente e graficamente sulla tabella allegata. La spaziatura (11) delle discontinuità va valutata mediante l'ausilio di una bindella metrica e riportata numericamente e graficamente sulla tabella allegata. Sulla tabella va altresì indicata l'apertura delle discontinuità stesse. La scabrezza (13) delle superfici di discontinuità (JRC) va valutata numericamente, secondo quanto prescritto dall'ISRM con gli idonei strumenti. Il tipo di riempimento (12) va qualificato secondo metodi speditivi mediante la nomenclatura riportata nella scheda (cemento, plastico, sciolto) evidenziandone anche la natura (argilloso, limoso etc.). Il parametro JCS sarà stimato secondo le due possibilità alternative descritte:

COMPRESSIONE MONOASSIALE: sarà eseguito un adeguato numero di determinazioni speditive con pressa portatile o nel laboratorio di cantiere su campioni cilindrici con rapporto altezza-diametro pari a 2 estratti da carotaggi al fronte o sagomati da prelievi manuali al fronte. Dovrà essere adottata la metodologia sperimentale ISRM.

POINT LOAD STRENGTH TEST : sarà eseguito un adeguato numero di determinazioni con apparecchiatura "Point Load" in situ utilizzata, elaborata e interpretata secondo le metodologie riconosciute internazionalmente.

Nel caso di prospezioni in avanzamento, il parametro RQD (ROCK QUALITY DISEGNATION) verrà determinato, secondo un criterio ritenuto più affidabile, tramite correlazioni con la spaziatura dei giunti precalcolate per quella particolare formazione o facies geologica.

Relativamente al punto c), la ritenzione idrica (15) sarà stimata visivamente sul materiale e descritta con appropriati aggettivi (asciutto, umido, saturo), mentre nel caso di venute idriche di una certa importanza (non semplici stillicidi) dovranno effettuarsi misurazioni quantitative seppur approssimate. In ogni caso si descriverà la loro localizzazione ed eventualmente l'evoluzione. Vanno evidenziate le anomalie rispetto alla geometria teorica del fronte di scavo e dovute a fuori sagoma, fornelli, distacchi gravitativi ecc., riportando sull'apposita scheda la valutazione in metri cubi ed indicando sul rilievo pittorico l'ubicazione. Riguardo agli interventi di consolidamento e contenimento presenti all'atto del rilievo, vanno segnalati i più significativi, riportando ad esempio il numero dei bulloni, il passo e il tipo delle centine ecc., relativamente alla sezione tipo impiegata in quel momento.

Tutte le informazioni di cui ai punti a), b), c), sopra descritti devono essere consegnate entro la giornata in cui avviene il rilievo per le determinazioni del progettista riguardo la classificazione geomeccanica (appartenenza al gruppo, curva intrinseca etc.)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

RILIEVI DI TIPO “SPEDITIVO”

Sono richieste:

Caratteristiche litologiche-stratigrafiche e strutturali; tali caratteristiche verranno valutate attraverso il rilevamento e la restituzione grafica e numerica di quanto già descritto al paragrafo precedente per i rilievi analitici, valutando i parametri:

- assetto generale dell'ammasso a scala del fronte,
- spaziatura discontinuità,
- JRC anche solo qualitativamente;
- il parametro JCS verrà valutato secondo la metodologia H.R. (Hammer Rebound) secondo le prescrizioni delle già citate ISRM.

Documentazione

Tutti i rilievi devono essere effettuati secondo schemi prestabiliti e documentati, riportanti le indicazioni richieste precedentemente, oltre a quelle di carattere generale quali:

- informazioni generali galleria;
- data del rilievo;
- progressiva del fronte;
- sezione di rivestimento applicata;
- allegare foto;
- allegare prove di laboratorio dei campioni prelevati.

14.17 Sistemi di acquisizione dati

Generalità

L'acquisizione dati centralizzati consiste in un sistema hardware/software, che consente di acquisire a frequenze più elevate, convertire e memorizzare i valori forniti da più sensori di natura diversa, distribuiti nell'area oggetto di lavoro, anche in zone difficilmente raggiungibili.

Campi di impiego

- opere di grande estensione areale con una grande numero di strumentazione elettrica installata;
- tempi di acquisizioni frequenti;
- zone poco accessibili;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- esigenze di trasferimenti rapidi delle informazioni;

Descrizione e modalità esecutive

Per quanto riguarda i sistemi di lettura e di acquisizione dei dati, si prevede l'utilizzo dei seguenti sistemi:

- unità portatile di lettura sensori;
- sistema acquisizione dati (SAD);
- cassette di derivazione.
- Ufficio di gestione monitoraggio locale (UGM).

Unità portatile di lettura sensori

Durante le fasi di costruzione delle singole opere, finalizzato quindi al monitoraggio in fase costruttiva, si prevede l'utilizzo di una unità di acquisizione dati portatile (centralina). Mediante il suo utilizzo gli operatori potranno interrogare i sensori della strumentazione elettrica appuntare i valori necessari per la successiva elaborazione in ufficio.

Sistema di acquisizione dati (SAD)

Il SAD ha il compito di gestire, per ogni sezione, tutti i sensori elettrici che ad essa sono collegati.

Caratteristiche tecniche

- unità di acquisizione dati allocata in contenitore di alluminio pressofuso IP 65;
- Interfaccia Seriale RS232 (bluetooth opzionale)
- Memoria 2Mbyte FLASH per il sistema operativo e 4Mbyte SRAM per memoria dati
- Input analogici 6 canali differenziali espandibili con multiplexer (MUX) fino a 192
- Range di alimentazione ± 5 V c.c.
- precisione 0.06% lettura + offset
- Porta comunicazione RS232/USB
- Alimentazione 110-220 V c.a.
opzionale: pannello solare + batteria tampone
- protezione sulla linea di alimentazione: scaricatore a gas;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- grado di protezione armadio = IP 65;
- Temperatura di esercizio -25°C +50°C

Sul SAD, verrà adottato un sistema in grado di memorizzare i dati in collegamento con l'UGM tramite linea telefonica GSM - UMTS.

Cassette di derivazione

Si prevede l'utilizzo, di cassette alle quali collegare i sensori da centralizzare, garantendo la protezione elettrica da sovratensioni e da correnti vaganti. Hanno la funzione proteggere contemporaneamente dalle sovratensioni sia i sensori che i (SAD) installati sulle sezioni, quindi in ambienti esposti ad influssi elettromagnetici ed elettrostatici. Per facilitare le operazioni tali cassettoni verranno collegate ai SAD mediante un unico cavo multipolare.

Ufficio di gestione monitoraggio locale (UGM)

L'ufficio di gestione monitoraggio viene allestito in un locale appositamente individuato. In esso viene ubicato l'elaboratore centrale (Server) e le unità periferiche (Pc) dove giungono in automatico tutti i dati della strumentazione remotizzata, fungendo quindi da banca dati gestita con apposito software GIS. Qui vengono inoltre elaborati i dati delle letture effettuate manualmente dagli operatori.

Documentazione

Tutte le connessioni devono essere effettuate secondo schemi prestabiliti e documentati. Per l'ingresso dei cavi devono essere utilizzati gli appositi pressacavi. Le connessioni devono essere eseguite avendo cura di non distorcere o danneggiare i cavi. Le scatole (anche quelle eventuali di "secondo livello") devono essere collegate all'impianto di terra di cantiere secondo quanto specificato dal produttore ed in accordo alle norme vigenti.

L'unità di acquisizione dati verrà installata nel locale ad essa preposto seguendo le prescrizioni particolari del fornitore. L'installazione deve essere completata da un'opportuna procedura di validazione e verifica che comprenda il collaudo di tutti gli elementi hardware e software nonché dei sistemi di comunicazione sia verso le unità di gestione in cantiere che verso i terminali di terzi.

L'apparecchiatura di misura viene sottoposta a taratura con scadenza annuale o presso il Fornitore o presso un laboratorio certificato.

Allegare:

- informazioni generali; data di posa in opera;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- codice e matricola di ogni strumento;
- certificato di taratura e calibrazione;
- ubicazione e schema geometrico d'installazione.

14.18 Cavi elettrici di collegamento

Generalità

I cavi elettrici dovranno essere adatti per la trasmissione del segnale e realizzati in esecuzione robusta, adatti per ambienti umidi e per l'immersione in getti di calcestruzzo. Dovranno essere del tipo schermato, con guaina esterna in poliuretano o silicone. Lo schermo potrà essere realizzato con treccia di rame o foglio di alluminio: in questo ultimo caso è richiesto il filo di drenaggio in rame.

La sezione dei conduttori sarà sufficiente a garantire la corretta tensione di alimentazione del sensore considerando la lunghezza del tratto di cavo e quindi la relativa caduta di potenziale.

Caratteristiche tecniche

cavi a 4 conduttori:

Tali cavi, di diametro non superiore a 9 mm, sono costituiti da 4 conduttori di sezione pari a 0.22 mm².

cavi multipolari:

Tali cavi, di diametro non superiore a 15 mm, sono costituiti da 15 coppie di conduttori di sezione pari a 0.22 mm².

Tutti i cavi impiegati dovranno soddisfare le seguenti specifiche tecniche:

- conduttori in rame elettrolitico ricotto in formazione flessibile;
- isolamento in silicone o poliuretano per la guaina esterna e in PVC o poliolefina reticolata per i conduttori;
- schermo in treccia di rame (è consentito in alternativa l'uso di schermo in alluminio, con conduttore di drenaggio in rame stagnato);
- norme applicabili: CEI 20-11 CEI 20-29 CEI 46-6;
- isolamento guaina esterna:
 - tensione di prova: 300 V;
 - tensione di esercizio: 300 Vrms;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- resistenza di isolamento > 200 MΩ/Km;
- isolamento guaina di separazione conduttori:
 - tensione di prova: 300 V;
 - tensione di esercizio: 300 Vrms;
 - resistenza di isolamento > 200 MΩ/Km;
- percentuale calza:
 - 90% per cavi con schermo a calza;
 - 60% per cavi con schermo a calza e schermo elettrostatico in nastro di alluminio e poliestere;
- caratteristiche ignifughe: non propagante l'incendio (secondo la norma UL 94 VO).

14.19 Prescrizioni di installazione

Nell'esecuzione delle operazioni precedenti l'installazione si deve tenere conto che se si opera in ambito urbano in vicinanza degli edifici ed in prossimità delle loro fondazioni. Prima della posa in opera della strumentazione e dell'inizio degli scavi vanno localizzate tutte le possibili interferenze con sottoservizi, manufatti interrati, cavidotti ed emergenze archeologiche. Se necessario, occorre pertanto procedere preliminarmente all'installazione di qualsivoglia strumento ad un prescavo a mano della profondità adeguata onde evitare danneggiamenti alle preesistenze della rete sotterranea.

L'installazione dovrà avvenire almeno 1 mese prima dell'inizio dei lavori della relativa opera o tratto di opera da monitorare, al fine di acquisire un numero di dati rilevante per la corretta definizione della situazione "ante-operam", e/o una verifica del corretto funzionamento dello strumento.

Le frequenze di installazione delle singole sezioni potranno essere adattate ai riscontri in corso d'opera. La strumentazione geotecnica sarà installata secondo le tempistiche e le necessità correlate allo sviluppo delle fasi esecutive.

14.20 Modalità esecutive Monitoraggio in corso d'opera (frequenze di lettura)

Per il monitoraggio in corso d'opera verranno impiegate unità portatili di lettura e/o acquisitori automatici provvisori sia per la strumentazione posta all'interno dell'opera che per quella all'esterno.

Mediante l'eventuale utilizzo di acquisitori automatici la cadenza di esecuzione delle letture per il

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

monitoraggio in corso d'opera può essere pre-impostata attraverso un apposito software. Per le misure effettuate manualmente dovranno essere predisposte squadre di personale addetto alle letture. Le frequenze delle misure in seguito vengono descritte in funzione delle fasi esecutive delle diverse opere previste e dei diversi tipi di grandezze da monitorare; sono inoltre parametrizzate in funzione del diametro delle gallerie (Φ). Al progressivo avvicinarsi del fronte di avanzamento della galleria alla progressiva della sezione strumentata, le frequenze di lettura si intensificano per poi diradarsi al progressivo allontanamento del fronte dalla sezione di monitoraggio in questione.

Raggiunta la stabilizzazione delle misure, le eventuali ulteriori letture di controllo proseguiranno con frequenze da definire in corso d'opera.

Le cadenze previste potranno subire modifiche in funzione del reale comportamento tenso-deformativo riscontrato, degli avanzamenti dei lavori e della stabilizzazione delle grandezze monitorate.

Inoltre qualora si riscontrino anomalie nei valori registrati si procederà alla verifica del dato e all'eventuale intensificazione delle misure.

14.20.1 Misure di cedimento (capisaldi topografici, staffe livellometriche, mire ottiche)

Luogo di Installazione	Descrizione	Frequenza letture
Lettura di "0" dopo l'installazione, N°2 lett./me se fino ad inizio lavori.		
Gallerie Naturali	<i>Sezioni esterne</i>	
	-5 Φ < distanza dal Fronte di scavo < -2 Φ	1-2lett./sett.
	-2 Φ < distanza dal Fronte di scavo < +2 Φ	1-2lett./gg.
	+2 Φ < distanza dal Fronte di scavo < +5 Φ	1-2lett./sett.
	Distanza dal Fronte di scavo > +5 Φ fino a stabilizzazione misure.	1-2lett./mese
	Per 3mesi di tempo successivi al superamento della sez. strumentata	1-2lett./mese
	<i>Sezioni interne(convergenze)</i>	
	Tipo ammasso A (fino al getto del definitivo)	1lett. /sett
Tipo ammasso B (fino ad una distanza dal fronte di 1 Φ)	1lett. /2gg.	
Tipo ammasso B (fino al getto del rivestimento definitivo)	1lett./sett	
Tipo ammasso C (fino ad una distanza dal fronte di 10m)	1lett./gg.	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	Tipo ammasso C (fino ad una distanza dal fronte di 40m) Tipo ammasso C (fino al getto del rivestimento definitivo) Punti di misura sul fronte.	3lett./sett. 1lett./sett 1lett./gg
Gallerie Artificiali	Assenza lavorazioni Lavorazioni in esercizio (consolidamenti, scavi e realizzazione diaframmi, ecc.) Lavorazioni ultimate (fino ad avvenuta stabilizzazione delle letture o durante il fermo delle lavorazioni)	1lett./mese 1lett./giorno 1lett./sett
Imbocchi	Assenza lavorazioni Lavorazioni in esercizio (consolidamenti, scavi e realizzazione diaframmi, ecc.) Lavorazioni ultimate (fino ad avvenuta stabilizzazione delle letture o durante il fermo delle lavorazioni)	1lett./mese 1lett./giorno 1lett./sett
Strutture preesistenti	In prossimità delle Gallerie Naturali In prossimità degli imbocchi e delle gallerie artificiali Durante la realizzazione di Paratie e scavi Fino al ultimazione delle lavorazioni.	(Frequenze. Sez. Galleria) 1lett./gg. 2lett./sett.
In funzione alle necessità legate alle lavorazioni, le frequenze potranno variare in corso d'opera.		

14.20.2 Misure piezometriche

Luogo di Installazione	Descrizione	Frequenza letture
Letture di "0" dopo l'installazione, N°2 lett./me se fino ad inizio lavori.		
Gallerie Naturali	-5 Φ < distanza dal Fronte di scavo < -2 Φ -2 Φ < distanza dal Fronte di scavo < +2 Φ +2 Φ < distanza dal Fronte di scavo < +5 Φ	1-2lett./sett. 1-2lett./gg. 1-2lett./sett.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	Distanza dal Fronte di scavo > +5 Φ fino a stabilizzazione misure. Per 3mesi di tempo successivi al superamento della sez. strumentata	1-2lett./mese 1-2lett./mese
Gallerie Artificiali	Assenza lavorazioni Lavorazioni in esercizio (consolidamenti, scavi e realizzazione diaframmi, ecc.) Lavorazioni ultimate (fino ad avvenuta stabilizzazione delle letture o durante il fermo delle lavorazioni)	1lett./mese 1lett./giorno 1lett./sett
Imbocchi	Assenza lavorazioni Lavorazioni in esercizio (consolidamenti, scavi e realizzazione diaframmi, ecc.) Lavorazioni ultimate (fino ad avvenuta stabilizzazione delle letture o durante il fermo delle lavorazioni)	1lett./mese 1lett./giorno 1lett./sett
Strutture preesistenti	In prossimità delle Gallerie Naturali In prossimità degli imbocchi e delle gallerie artificiali Durante la realizzazione di Paratie e scavi Fino al ultimazione delle lavorazioni.	(Frequenze. Sez. Galleria) 1lett./gg. 2lett./sett.
In funzione alle necessità legate alle lavorazioni, le frequenze potranno variare in corso d'opera.		

14.20.3 Misure assestometriche ed inclinometriche

Luogo di Installazione	Descrizione	Frequenza letture
Letture di "0" dopo l'installazione, N ² lett./me se fino ad inizio lavori.		
Gallerie Naturali	-5 Φ < distanza dal Fronte di scavo < -2 Φ -2 Φ < distanza dal Fronte di scavo < +2 Φ +2 Φ < distanza dal Fronte di scavo < +5 Φ	1-2lett./sett. 1-2lett./gg. 1-2lett./sett.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	Distanza dal Fronte di scavo > +5 Φ fino a stabilizzazione misure. Per 3mesi di tempo successivi al superamento della sez. strumentata	1-2lett./mese 1-2lett./mese
Gallerie Artificiali	Assenza lavorazioni Lavorazioni in esercizio (consolidamenti, scavi e realizzazione diaframmi, ecc.) Lavorazioni ultimate (fino ad avvenuta stabilizzazione delle letture o durante il fermo delle lavorazioni)	1lett./mese 1lett./giorno 1lett./sett
Imbocchi	Assenza lavorazioni Lavorazioni in esercizio (consolidamenti, scavi e realizzazione diaframmi, ecc.) Lavorazioni ultimate (fino ad avvenuta stabilizzazione delle letture o durante il fermo delle lavorazioni)	1lett./mese 1lett./giorno 1lett./sett
In funzione alle necessità legate alle lavorazioni, le frequenze potranno variare in corso d'opera.		

14.20.4 Misure estrusometro

Luogo di Installazione	Descrizione	Frequenza letture
Lettura di "0" dopo l'installazione.		
Gallerie Naturali	Metà Campo Fine Campo	1lett. 1lett.
In funzione alle necessità legate alle lavorazioni, le frequenze potranno variare in corso d'opera.		

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

14.20.5 Misure stato tensionale (Riv. 1°-2°fase, Pali, dia frammi)

Luogo di Installazione	Descrizione	Frequenza letture
Galleria Naturale scavo Tradizionale	<i>Rivestimento1°Fase</i> Con il fronte distante 30m Con il fronte distante dai 30 ai 60m Con il fronte distante 60m (fino al getto del rivestimento definitivo)	1lett./3gg. 1lett. /sett. 1lett./mese
	<i>Rivestimento2°Fase</i> Con il fronte distante 30m Con il fronte distante dai 30 ai 60m Con il fronte distante 60m	1lett./3gg. 1lett. /sett. 1lett./mese
Gallerie Artificiali/ Imbocchi (<i>Pali – Pannelli</i>)	Lavorazioni in esercizio (consolidamenti, scavi e realizzazione diaframmi, ecc.) Lavorazioni ultimate (fino ad avvenuta stabilizzazione delle letture o durante il fermo delle lavorazioni)	1lett./giorno 1lett./sett
In funzione alle necessità legate alle lavorazioni, le frequenze potranno variare in corso d'opera.		

14.20.6 Misure Elettrolivelle e clinometri

Luogo di Installazione	Descrizione	Frequenza letture
Strutture e Manufatti	Assenza lavorazioni	1lett./sett.
	Lavorazioni in esercizio (consolidamenti, scavi e realizzazione diaframmi, ribassi, ecc.)	3lett./giorno
	Lavorazioni ultimate (fino ad avvenuta	1lett./sett

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

stabilizzazione delle letture, durante il fermo delle lavorazioni o fino alla disinstallazione del puntello)	In funzione alle necessità legate alle lavorazioni, le frequenze potranno variare in corso d'opera.
--	---

14.20.7 Fessurimetri

Luogo di Installazione	Descrizione	Frequenza letture
Strutture e Manufatti	Assenza lavorazioni	1lett./mese
	Lavorazioni in esercizio (consolidamenti, scavi e realizzazione diaframmi, ecc.)	3lett./giorno
	Lavorazioni ultimate (fino ad avvenuta stabilizzazione delle letture o durante il fermo delle lavorazioni)	1lett./sett
In funzione alle necessità legate alle lavorazioni, le frequenze potranno variare in corso d'opera.		

14.20.8 Misure Celle di carico

Luogo di Installazione	Descrizione	Frequenza letture
Puntelli	Assenza lavorazioni	1lett./sett.
	Lavorazioni in esercizio (jet-grouting, scavi e realizzazione diaframmi, ribassi, ecc.)	2lett./giorno
	Lavorazioni ultimate (fino ad avvenuta stabilizzazione delle letture, durante il fermo delle lavorazioni o fino alla disinstallazione del puntello)	1lett./sett
Tiranti	Durante lo scavo per gli ordini successivi della paratia	1lett./gg.
	A scavo effettuato fino alla realizzazione dei solai	1lett./sett.
In funzione alle necessità legate alle lavorazioni, le frequenze potranno variare in corso d'opera.		

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

14.20.9 Rilievi

Luogo di Installazione	Descrizione	Frequenza rilievi
Gallerie Naturali	<i>Rilievo del fronte</i> Tipologia ammasso A Tipologia ammasso B Tipologia ammasso C	N.1 rilievo/40m avanzamento N.1 rilievo/20m avanzamento N.1 rilievo/10m avanzamento
	<i>Rilievo fasi lavorative</i> Tipologia ammasso A Tipologia ammasso B Tipologia ammasso C	N.1 rilievo/40m avanzamento N.1 rilievo/20m avanzamento N.1 rilievo/10m avanzamento
In funzione alle necessità legate alle lavorazioni, le frequenze potranno variare in corso d'opera. I rilievi verranno eseguiti nella seguente alternanza: di tipo analitico, speditivo, speditivo.		

14.21 Definizione delle soglie di attenzione e di allarme

Il controllo mediante monitoraggio si basa principalmente sulla definizione di soglie aventi lo scopo di segnalare l'instaurarsi di una situazione deformativa e/o tensionale particolare. Sulla base dei valori raggiunti dai parametri di controllo in funzione dei valori di soglia definiti, vengono attuate eventuali azioni e contromisure.

I valori fissati per tali soglie sono funzione dei risultati previsti dai calcoli di progetto, relativamente a spostamenti, deformazioni, tensioni,...).

Questi limiti sono definiti come:

Soglia di attenzione: è definito come una quota parte delle risultanze delle sollecitazioni (o delle deformazioni) di progetto; il superamento di questo limite implica l'incremento della frequenza delle misure, allo scopo di stabilire e monitorare la velocità con la quale il fenomeno si evolve, in modo da valutare il potenziale instaurarsi di eventi e rapida evoluzione che potrebbero, in determinate

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

circostanze, risultare incontrollabili.

Soglia di allarme: definita in funzione del livello deformativo, tensionale,..., più gravoso per una determinata situazione; il suo superamento implica il coinvolgimento della Direzione Lavori per la valutazione di opportune contromisure.

Le contromisure da adottare in caso di superamento dei limiti di allarme, hanno lo scopo di riportare la situazione reale entro i limiti previsti in progetto.

14.22 APPENDICE 1 – Descrizione Sistema gestione dati

GESTIONE DEI DATI DI MONITORAGGIO

Il Ponte dello Stretto di Messina e le sue opere di collegamento ferroviarie e stradali necessitano di un sistema di monitoraggio molto complesso e articolato per le problematiche geotecniche e geologiche che interessano l'infrastruttura medesima, che si traduce in una grande mole di dati da archiviare, elaborare ed interpretare.

Tutti i dati di monitoraggio verranno gestiti all'interno di un sistema informativo geo-referenziato (tipo Hi-Cap Monitor) che, una volta validati (al fine di eliminare errori di acquisizione e/o restituzione) e resi disponibili, ne consente la consultazione, l'analisi e la verifica da parte dei soggetti interessati (Progettista, Direzione dei Lavori) entro poche ore dall'acquisizione sul campo. La piattaforma GIS di tale sistema consente di visualizzare la situazione aggiornata della strumentazione installata con riferimento al tracciato delle gallerie e delle opere.

Le caratteristiche della strumentazione sono consultabili in apposite schede contenute nel database del sistema. Analogamente, i dati relativi alle letture effettuate sulla strumentazione sono inseriti sistematicamente all'interno dello stesso database, in modo da consentire diverse tipologie di interrogazione del sistema (e, conseguentemente, di risposta): per singolo strumento, per gruppi di strumenti, per tipologia di strumenti, per opera, per area, per data, per periodo temporale, o per più di uno di tali elementi insieme.

Il Sistema Informativo Geografico (GIS) applicato al monitoraggio ha lo scopo di archiviare, rendere consultabili ed elaborabili i dati del monitoraggio; consente inoltre di confrontare i dati tra loro, fornendo così un supporto alle decisioni in tempo reale. I dati gestiti sono tutti quelli del monitoraggio geotecnico, topografico, ambientale, nonché dei parametri di macchina (nel caso dell'utilizzo di TBM).

CARATTERISTICHE E ARCHITETTURA DEL SISTEMA

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Lo scopo dell'utilizzo di un programma GIS (tipo Hicap Monitor) è quello di avere sempre sotto controllo l'andamento delle attività di monitoraggio connessa alla realizzazione dell'opera civile.

L'interfaccia informatica del software GIS, permette in modo intuitivo all'utente che accede al sistema di condurre una ricerca delle informazioni e della reportistica strumentale attraverso almeno tre modalità:

- Possibilità di ricercare uno strumento all'interno del menù (struttura ad albero). Infatti muovendosi all'interno di un elenco di strumenti, divisi per opera, sarà possibile accedere alle informazioni di interesse.
- Possibilità di visualizzare l'elenco degli strumenti per tipologia (strumenti per tipo ad esempio tipo inclinometri);
- Possibilità di selezionare lo strumento direttamente dalla planimetria (visualizza la mappa);

Il software GIS consentirà di visualizzare i dati relativi alle letture e di generare, sia in video che in formato esportabile, le tabelle dei dati di monitoraggio; i file prodotti dovranno contenere al loro interno una o più rappresentazioni grafiche, a seconda del tipo di strumento editato, fornendo così un'immediata risposta dell'andamento delle grandezze monitorate. I dati dovranno essere esportabili in formato compatibile per l'elaborazione ulteriore con software specifici, rendendo possibili post-elaborazioni senza modifiche dell'archivio del database.

Il Sistema Informativo è costituito da tre diversi moduli:

- Modulo locale (uffici di cantiere);
- Modulo remoto (trasferimento dati dal server centrale all'ufficio remoto di gestione Web);
- Modulo Web (pubblicazione dati su web).

La postazione locale è collocata presso gli uffici di cantiere ed ogni postazione sarà dotata di un Personal Computer, munito di tutti i software applicativi dedicati all'interrogazione automatica dei datalogger (unità di acquisizione dati UAD) e alla loro gestione.

Le postazioni locali, il cui numero è funzione delle necessità di cantiere, consentirà di strutturare l'area di monitoraggio organizzandola in maniera gerarchica, suddividendola logicamente, per esempio, in tronchi, cantieri, WBS, progressiva WBS, fino alla singola sezione strumentata o opera da monitorare (viadotto, rilevato, trincea). All'interno della struttura gerarchica ad albero, gli strumenti potranno essere organizzati per gruppi omogenei (ad esempio strumenti topografici, geotecnici, ambientali, ecc.) o per sezioni di misura. Inoltre le postazioni locali permetteranno

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

l'archiviazione dei dati di monitoraggio all'interno di un banca dati (server centrale).

Il modulo remoto di trasferimento dati, installato presso gli uffici del gestore del sito web, consente di inviare i dati dal server centrale al server web mediante l'utilizzo di appositi programmi e strumenti.

Il modulo Web invece consentirà la pubblicazione sul web dei dati residenti nella banca dati del server web e la loro consultazione usufruendo di strumenti GIS.

La banca dati risiederà fisicamente su un unico server ma sarà consultabile da chiunque abbia una connessione internet, secondo diversi livelli di accesso e conseguentemente di disponibilità delle informazioni. Qualsiasi utente avrà accesso al sistema senza la necessità di avere i software dedicati installati sul suo computer ma utilizzando i programmi residenti sul server.

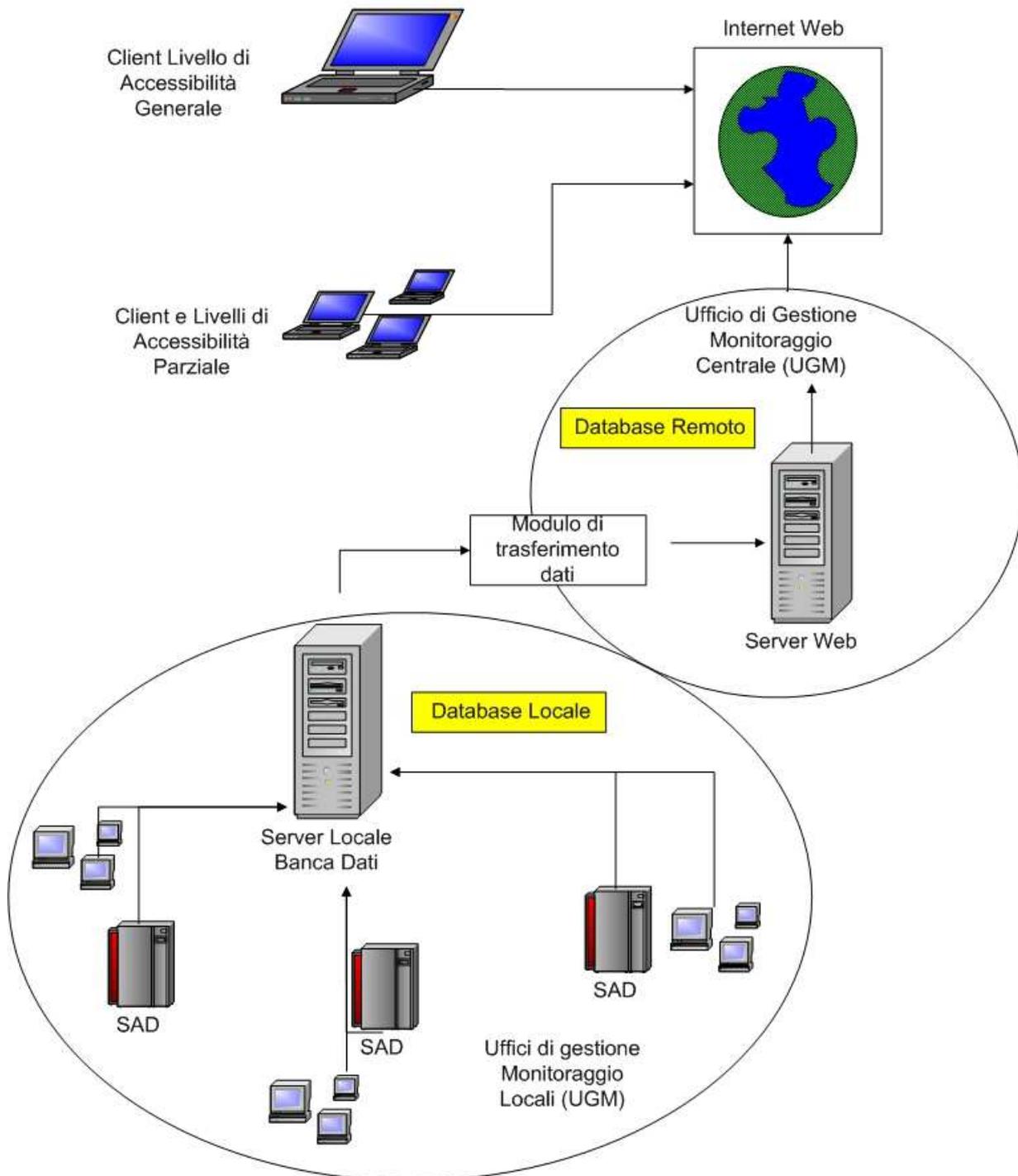
Il sistema GIS si adatta perfettamente alla gestione delle informazioni di opere complesse, infatti la sua struttura permette in modo molto versatile di creare diversi livelli di accesso dedicati agli utenti finali (client). Si potrà accedere al sistema mediante un livello di accesso a carattere generale oppure mediante dei livelli di accesso parziale.

Il livello d'ingresso generale, consentito esclusivamente al concedente (committente), permetterà di avere a disposizione l'intera panoramica dei parametri di monitoraggio connessi alle fasi costruttive di tutte le macro-opere del Ponte in senso stretto e di tutti i suoi collegamenti stradali e ferroviari.

I livelli di accesso parziale invece riguardano le diverse micro-opere, ad esempio distinte in funzione della collocazione geografica (lato Calabria o lato Sicilia), oppure in funzione della tipologia di galleria (stradale o ferroviaria) o del tipo di ramo di galleria (A, B, C e ecc.). I client ad accesso parziale potranno visualizzare esclusivamente i dati inerenti la porzione di infrastruttura di propria competenza.

Segue schema dell'architettura del sistema informativo adottato.

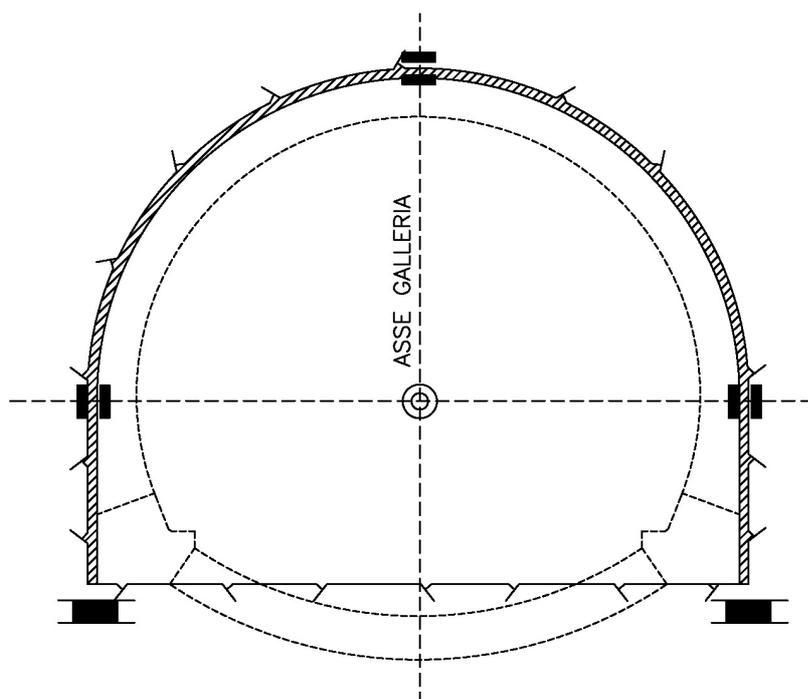
Architettura Generale del Sistema Informativo



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE STRADALE – Rel. tecnica generale		<i>Codice documento</i> CS0211_F0	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

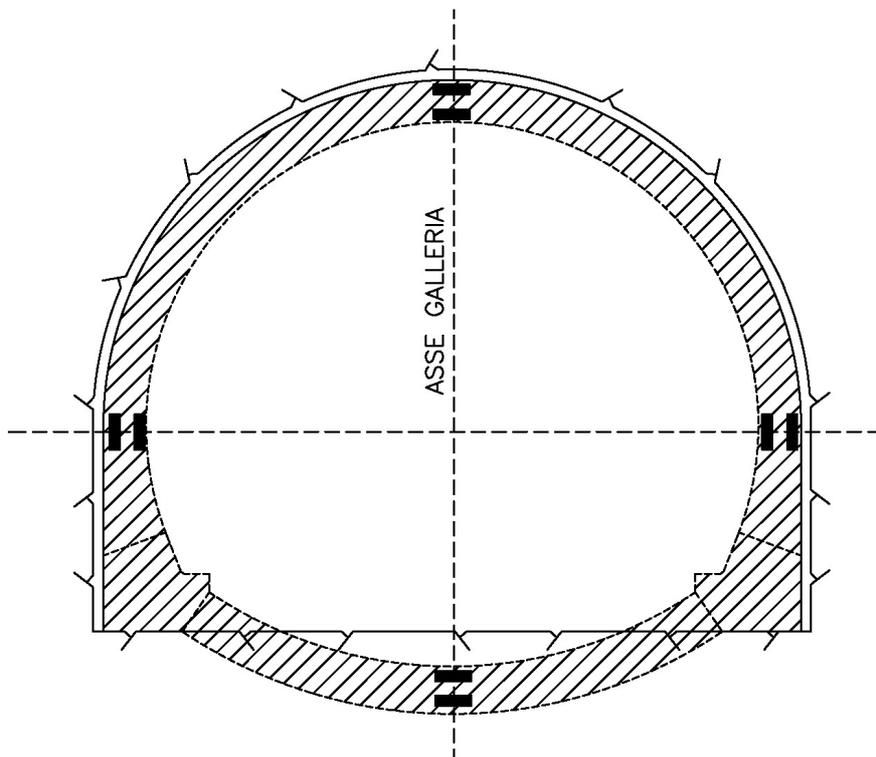
14.23 APPENDICE 2 – Allegati

Scavo in tradizionale monitoraggio interno
 rivestimento di 1° fase (provvisorio)
 Sistema di misura stato tensionale
 Estrusione al fronte



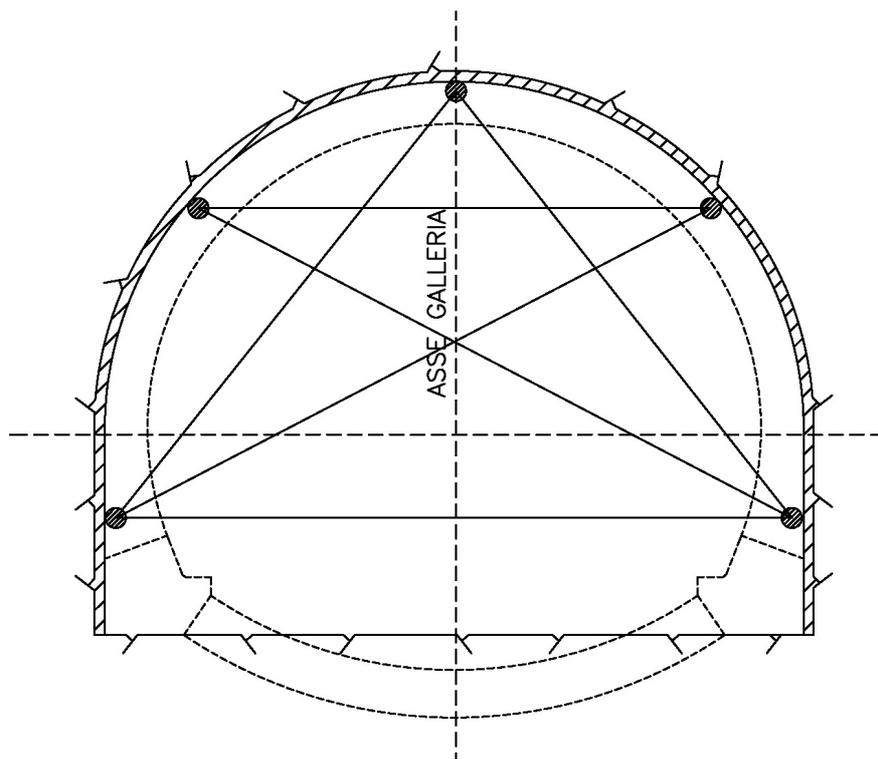
	Punto di misura estrusione al fronte
	Cella di carico a piede centina
	Coppia di barrette estensimetriche

Scavo in tradizionale monitoraggio interno
Sistema di misura stato tensionale
nel rivestimento di 2° fase (definitivo)

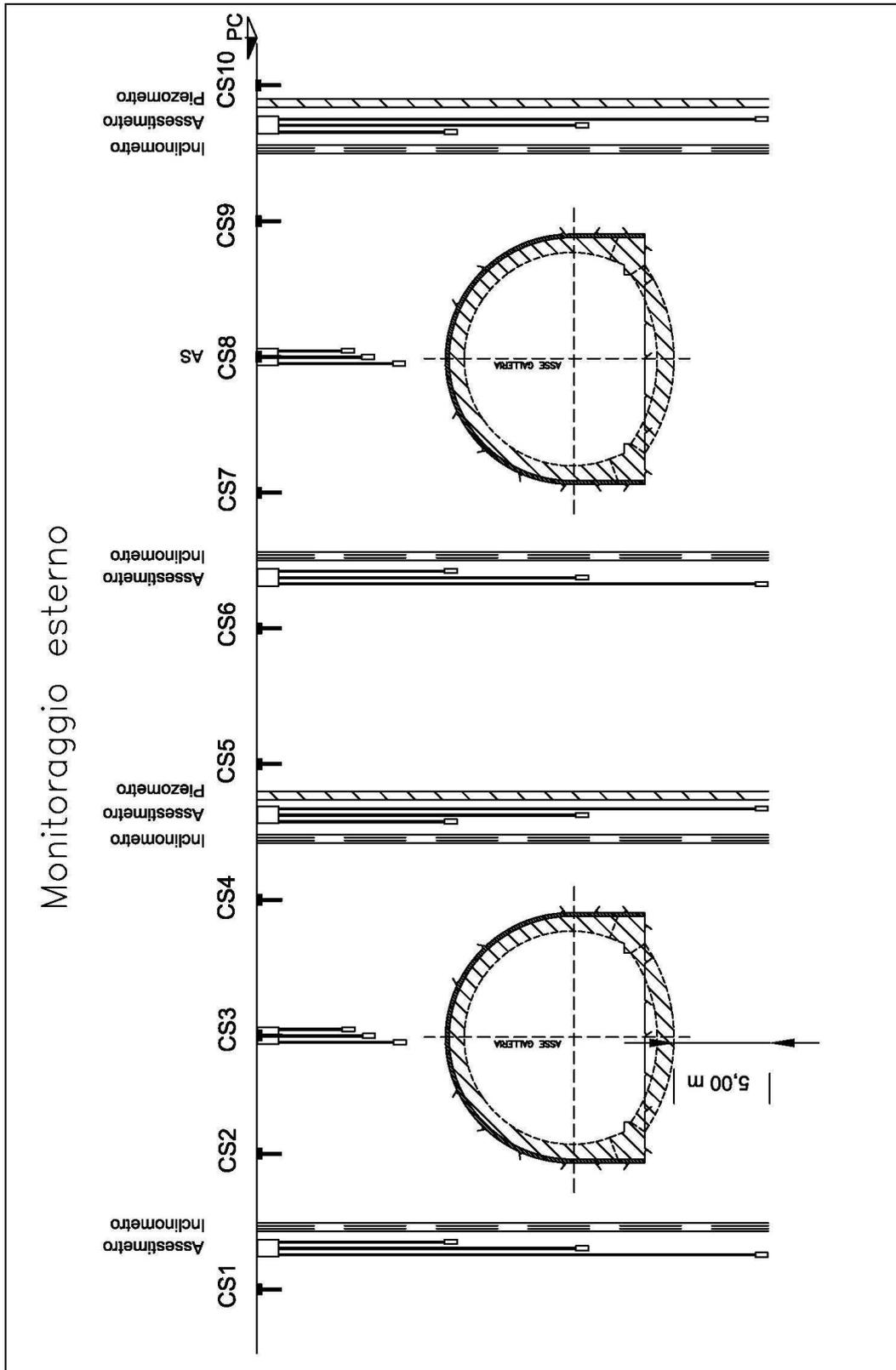


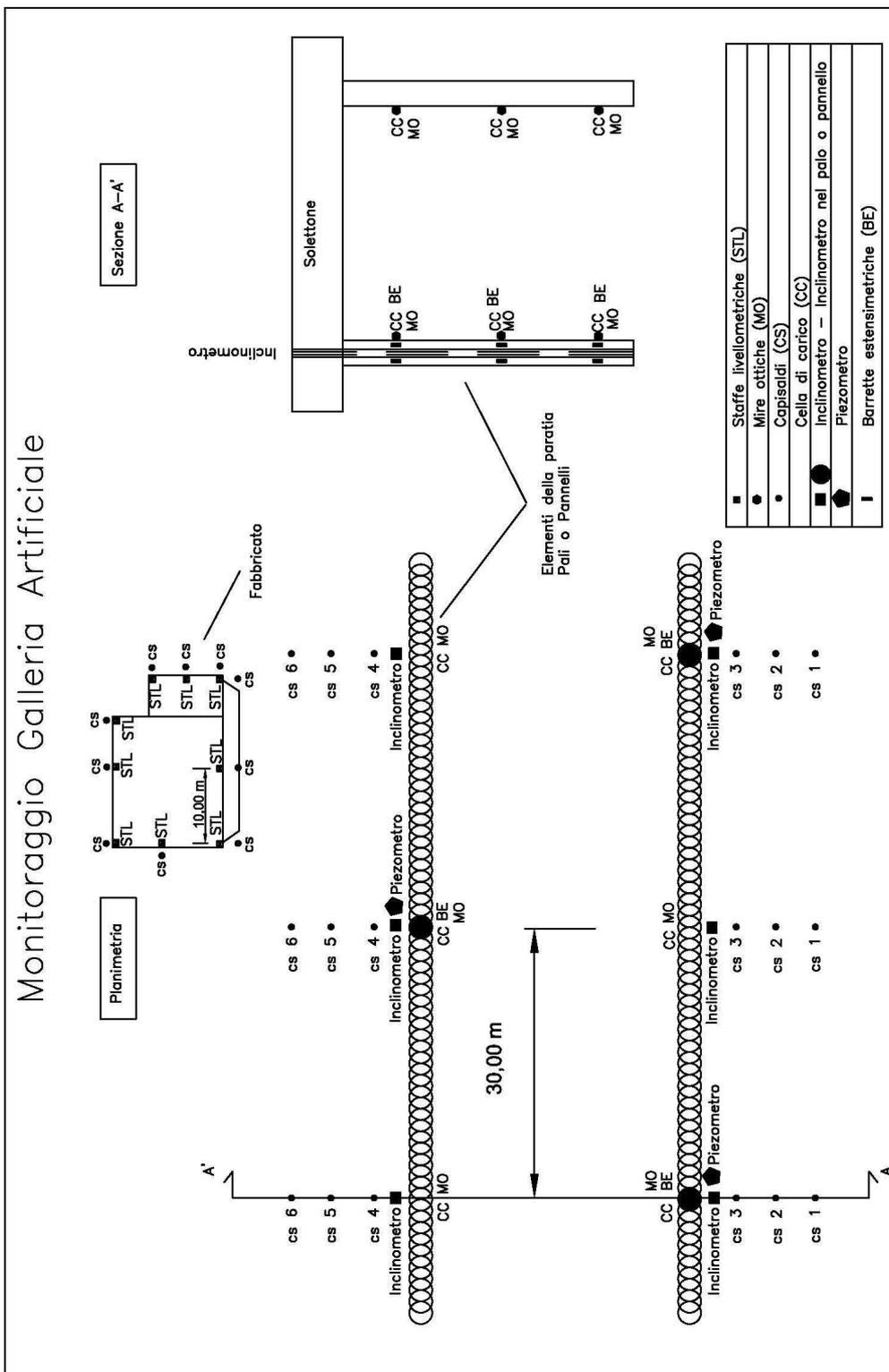
 Coppia di barrette estensimetriche

Scavo in tradizionale
Disposizione punti di misura
per convergenze

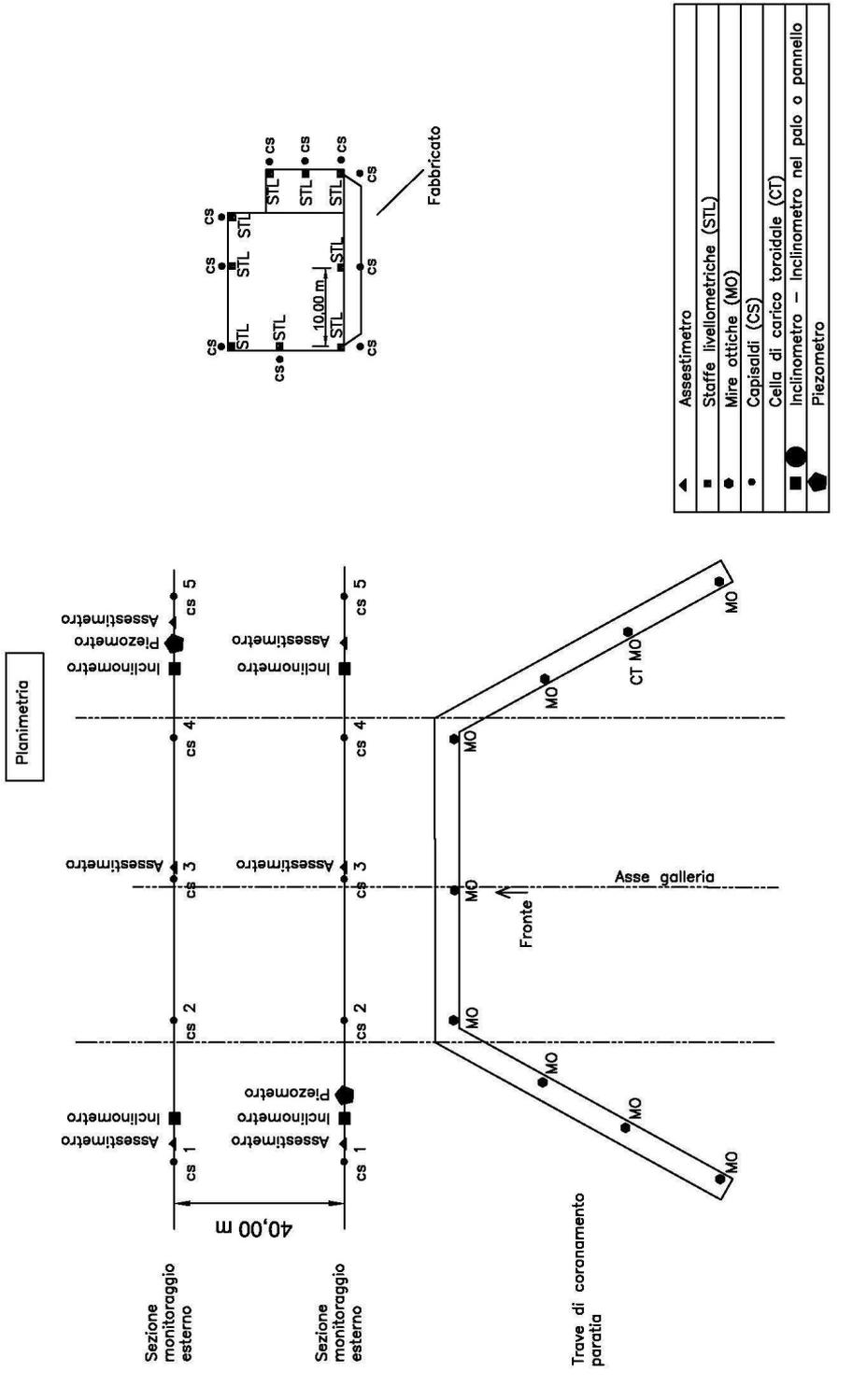


● Punto di misura per convergenze

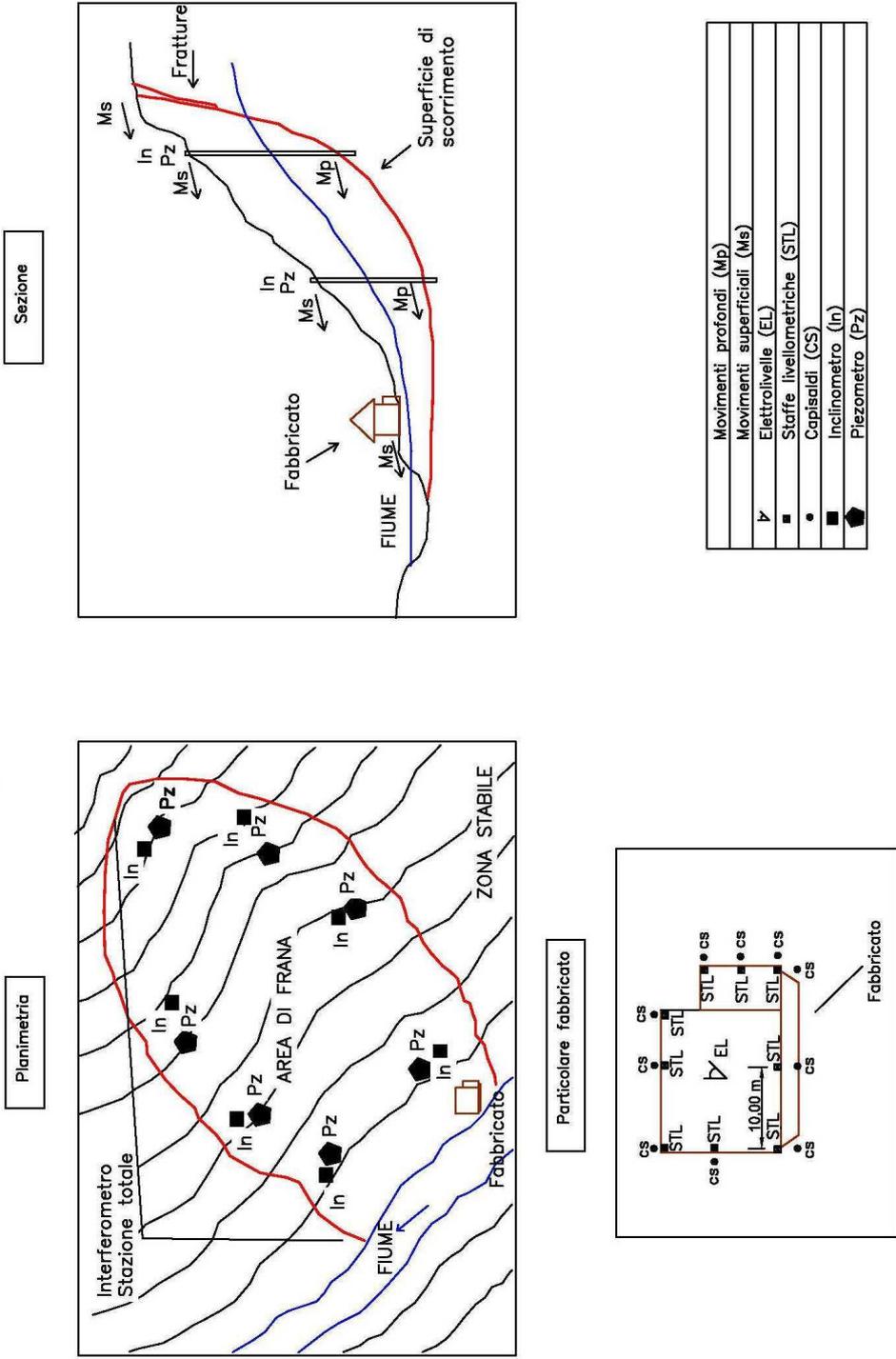




Monitoraggio Imbocco



Monitoraggio Aree Instabili



Sezione

Planimetria

Particolare fabbricato

●	Movimenti profondi (Mp)
■	Movimenti superficiali (Ms)
▽	Elettroivelle (EL)
■	Staffe livellometriche (STL)
●	Capiscaldi (CS)
■	Inclinometro (In)
■	Piezometro (Pz)

