

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 GEOINGEGNERIA</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>INFRASTRUTTURA FERROVIARIA – OPERE CIVILI</p> <p>ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE</p> <p>GALLERIA NATURALE</p> <p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>CF0063_F0</p>
---	--	------------------

CODICE	C G 0 8 0 0	P	R G	D	C	F C	0 0	G N	0 0	0 0	0 0	0 1	F0
--------	-------------	---	-----	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

INDICE	3
1 Premessa	7
2 Riferimenti normativi e documentazione di riferimento	8
2.1 Applicazione della Normativa	8
3 Caratteristiche dei materiali.....	11
4 Inquadramento generale dell'opera.....	14
4.1 Inquadramento territoriale.....	14
4.2 Infrastrutture ferroviarie.....	17
4.2.1 Gallerie naturali.....	17
5 Contesto geologico, idrogeologico e geotecnico	19
5.1 Inquadramento geologico	19
5.2 Inquadramento geomorfologico	19
5.3 Inquadramento stratigrafico lungo il tracciato.....	23
5.4 Sintesi lungo il tracciato	49
5.4.1 Ramo 1.....	49
5.4.2 Ramo 2.....	49
5.4.3 Ramo 5.....	50
5.4.4 Ramo 6.....	50
5.5 Inquadramento idrogeologico.....	50
5.5.1 Rami 1 e 2	50
5.5.2 Rami 5 e 6	52
5.6 Stime sulle portate drenate	52
5.7 Perturbazione della piezometria.....	53
5.8 Sintesi dei parametri geotecnici e individuazione dei parametri operativi di calcolo	54
6 Previsioni sul comportamento degli ammassi rocciosi allo scavo e metodi di calcolo.....	59
6.1 Importanza del fronte di scavo	60
6.1.1 Gallerie a fronte stabile (CASO A)	61
6.1.2 Gallerie a fronte stabile a breve termine (CASO B).....	61
6.1.3 Gallerie a fronte instabile (CASO C)	61
6.2 Calcolo delle categorie di comportamento allo scavo.....	62
6.2.1 Linee caratteristiche della cavità.....	62

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6.2.2	Categorie di comportamento.....	64
6.3	Analisi di Stabilità del fronte	67
6.4	Analisi delle subsidenze e valutazione dei danni indotti sui fabbricati	69
6.4.1	Analisi del quadro deformativo indotto dallo scavo delle gallerie	70
6.4.2	Deformazioni indotte sui fabbricati e analisi di rischio	72
6.5	Sezioni Tipo “medie” previste.....	77
6.5.1	Sezione tipo B2V	77
6.5.2	Sezione tipo B0.....	79
6.5.3	Sezione tipo C2	80
6.6	Sezioni tipo di partenza in Galleria Naturale	82
7	Linee Guida per l’applicazione delle sezioni tipo	84
7.1	Definizione delle caratteristiche geologiche-geomeccaniche dell’ammasso	87
7.2	Risposta deformativa del fronte e del cavo	89
7.3	Fasi esecutive e cadenze di avanzamento.....	90
7.4	Procedura di applicazione delle sezioni tipo e delle relative variabilità	90
7.5	Quadro decisionale linee guida.....	92
7.6	Analisi del Rischio.....	94
7.6.1	Rischi legati alle caratteristiche dell’ammasso	94
8	Ramo 1 e Ramo 5.....	96
8.1	Analisi lungo il tracciato e sintesi delle criticità	97
8.2	Sezione tipo B2V	97
8.3	Sezione tipo B0.....	98
8.4	Applicazione di una diversa sezione tipo.....	99
9	Ramo 2 e Ramo 6.....	100
9.1	Analisi lungo il tracciato e sintesi delle criticità	101
9.2	Sezione tipo B2V	101
9.3	Sezione tipo B0.....	102
9.4	Applicazione di una diversa sezione tipo.....	103
10	Tecnologie alternative e prescrizioni.....	104
10.1	Tecnologie alternative di perforazione	104
10.2	Tecnologie alternative per l’armatura dello spritz-beton.....	104
10.3	Piazzole di sosta e sezioni Allargate	105
10.4	By-pass	105

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10.5	Armatura del rivestimento definitivo.....	105
10.6	Distanze di getto dei rivestimenti definitivi	107
10.7	Caratteristiche minime di resistenza del calcestruzzo in relazione alle fasi operative	108
10.8	Tecniche di consolidamento dei fronti di scavo.....	109
10.9	Sottoattraversamento di preesistenze	109
10.10	Interferenze di opere infrastrutturali.....	110
10.11	Scavo in zone di faglia in presenza di falda	111
10.12	Criticità.....	112
10.13	Sismica in galleria	112
11	MONITORAGGIO.....	117
11.1	Tipologie di monitoraggio previsto	118
11.2	Monitoraggio delle Gallerie Naturali.....	119
11.2.1	Sezione di monitoraggio esterna (da piano campagna)	120
11.2.2	Sezione di monitoraggio interno.....	120
11.2.3	Sezione di monitoraggio urbano	121
11.3	Monitoraggio delle gallerie artificiali.....	121
11.3.1	Monitoraggio superficiale galleria artificiale.....	121
11.3.2	Monitoraggio degli edifici presenti in prossimità dell’opera.....	122
11.3.3	Monitoraggio paratie galleria artificiale.....	122
11.4	Monitoraggio imbocchi	123
11.4.1	Monitoraggio superficiale imbocchi.....	123
11.4.2	Monitoraggio paratie imbocchi	123
11.5	Monitoraggio Aree Instabili	124
11.5.1	Monitoraggio delle strutture preesistenti interessate dall’area instabile	124
11.6	Monitoraggio strutture preesistenti	125
11.6.1	Monitoraggio strutture presenti	125
	ALLEGATO 1 – MONITORAGGIO.....	126
12	Strumentazione Rilievi e Misure da effettuare	127
12.1	Misura topografica capisaldi e staffe di livellazione.....	127
12.2	Misura topografica Convergenze.....	128
12.3	Misura topografica Mire Ottiche.....	129
12.4	Misura topografica Stazione Totale Automatica.....	130
12.5	Misura geotecnica inclinometrica.....	131

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.6	Misura geotecnica estensimetrica incrementale tipo Increx	138
12.7	Misura geotecnica estensimetrica incrementale (estrusometro)	142
12.8	Misura geotecnica assestometro multibase	146
12.9	Misura geotecnica misuratori di giunti (fessurimetri)	149
12.10	Misura geotecnica tenso deformativa Barrette estensimetriche	150
12.11	Misura geotecnica piezometrica a tubo aperto	153
12.12	Misura geotecnica piezometrica tipo Casagrande	157
12.13	Misura geotecnica celle di carico	162
12.14	Misura geotecnica Cella di pressione	165
12.15	Misura Geotecnica elettrolivelle e clinometri da parete	167
12.16	RILIEVO GEOLOGICO STRUTTURALE DEI FRONTI DI SCAVO	171
12.17	Sistemi di acquisizione dati	175
12.18	Cavi elettrici di collegamento	178
12.19	Prescrizioni di installazione	179
12.20	Modalità esecutive Monitoraggio in corso d'opera (frequenze di lettura).....	179
12.20.1	Misure di cedimento (capisaldi topografici, staffe livellometriche, mire ottiche)...	180
12.20.2	Misure piezometriche	181
12.20.3	Misure assestimetriche ed inclinometriche	182
12.20.4	Misure estrusometro.....	183
12.20.5	Misure stato tensionale (Riv. 1°-2° fase, Pali, diaframmi)	184
12.20.6	Misure Elettrolivelle e clinometri	184
12.20.7	Fessurimetri	185
12.20.8	Misure Celle di carico	185
12.20.9	Rilievi	186
12.21	Definizione delle soglie di attenzione e di allarme.....	186
12.22	APPENDICE 1 – Descrizione Sistema gestione dati	187
12.23	APPENDICE 2 – Allegati	191

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 ferroviarie 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 cinematisma 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3 Caratteristiche dei materiali

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/m ³
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/m ³
energia assorbita		500 J
resistenza minima a trazione	Rak	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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

CONSOLIDAMENTI AL FRONTE

TUBI IN VTR (Caratteristiche del composito)

diametro esterno ad aderenza 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
diametro di perforazione	100÷120 mm

MISCELA CEMENTIZIA A RITIRO CONTROLLATO

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

MICROJET ARMATO CON TUBI IN VTR

diametro 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

diametro 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
TUBI IN ACCIAIO (JET IN AVANZAMENTO):	diam	168,3mm sp. 8mm

NOTE

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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

60 mm

spessore

5 mm

diametro perforazione

100 mm

resistenza a trazione

4.5 MPa

TUBI DI RACCOLTA ACQUA SOTTO PIATTAFORMA IN CLS

diametro

30-50 cm

sella di appoggio

C20/25 tipo III

tubo in cls

C25/30 tipo II

cls di protezione 15cm

C20/25 tipo III

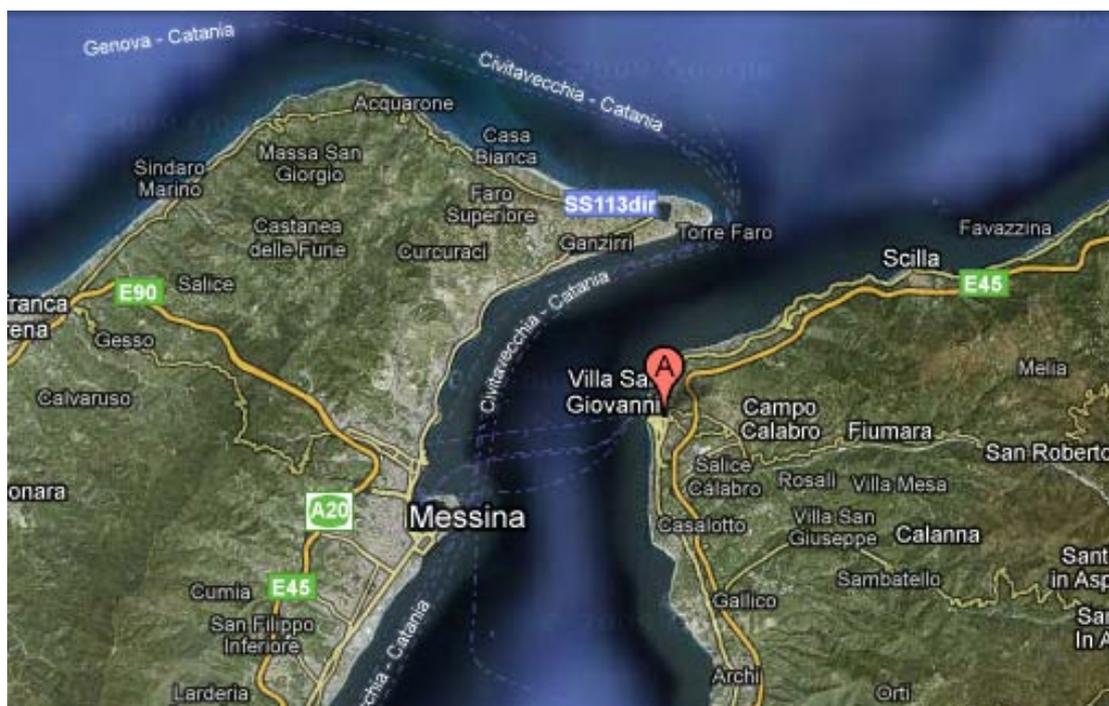
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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.



La ferrovia esistente interessata dall'intervento in progetto sul versante calabrese è la tratta della linea Tirrenica Rosarno - Reggio Calabria, tutta a doppio binario, le cui caratteristiche sono: Velocità di tracciato dell'itinerario Ponte – AC Salerno è di 120 km/h per il primo tratto in policentrica e di 140km/h per il tratto fino a Gioia Tauro, mentre quella dell'itinerario Opera di Attraversamento – AC Reggio Calabria è limitata a 100Km/h.

Il tracciato piano altimetrico della ferrovia si sviluppa quasi totalmente in galleria ed in prossimità del Ponte è condizionato dall'involuppo degli svincoli stradali (anch'essi in galleria), la cui vicinanza

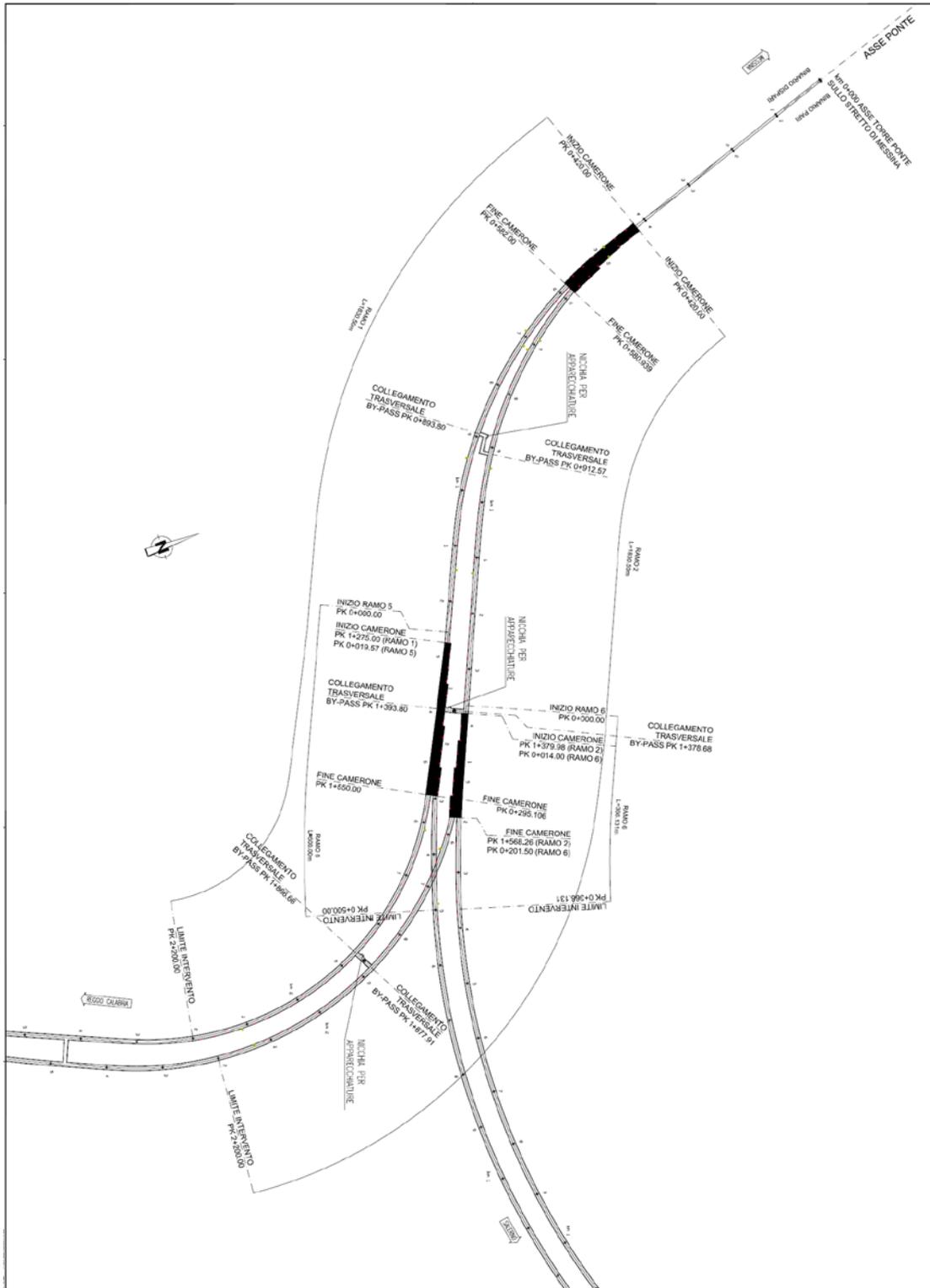
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

si è ulteriormente accentuata a seguito della nuova soluzione di viabilità individuata che, ai fini di limitare l'impatto ambientale, prevede una maggiore estesa in galleria per i collegamenti viari ed una compattazione di tutto il complesso infrastrutturale.

Ciò premesso, il collegamento ferroviario nel versante Calabria, prevede a partire dalla struttura terminale del Ponte:

- a. partendo dall'asse della torre lato Calabria:
 - 233 ml opera di collegamento
 - 50 ml viadotto di accesso
 - 137 ml tratto allo scoperto di rilevato fra muri

Alla progressiva 0+420 ml circa è previsto l'imbocco della galleria artificiale.
- b. Una galleria di imbocco in curva policentrica ($R_{1p} = 2000$ mt, $R_{2p} = 1300$ mt, $R_{3p} = 2000$ mt per il binario pari e $R_{1d} = 2000$ mt, $R_{2d} = 1265$ mt per il binario dispari) con il primo limitato tratto a sezione unica (data la ristrettezza di spazio disponibile tra le strade adiacenti) per circa 144 mt; successivamente ottenuta la divaricazione dei due binari si procede con due gallerie separate a semplice binario con interasse medio di circa 40 mt, secondo le più recenti linee guida di RFI.
- c. Per entrambi i binari, dopo circa 1,2 Km dal Ponte, sono presenti bivi di uscita/ingresso (mediante cameroni in galleria) per le direzioni Salerno ($V=140$ Km/h) e Reggio Calabria ($V=100$ Km/h). Dopo un ulteriore chilometro circa, sia lato Reggio Calabria che lato Salerno, è previsto il limite di competenza dell'intervento. Pertanto la lunghezza complessiva della linea ferroviaria risulta pari a circa 2200 ml a partire dall'asse della pila del Ponte.
- d. Per quanto riguarda la linea A.C. il tratto terminale, prevede un innesto sulla linea Tirrenica a circa 1,5 Km a Sud di Villa San Giovanni con due diramazioni a doppio binario, una rivolta a Nord (verso Villa San Giovanni) e l'altra a Sud (direzione Reggio Calabria).



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.2 Infrastrutture ferroviarie

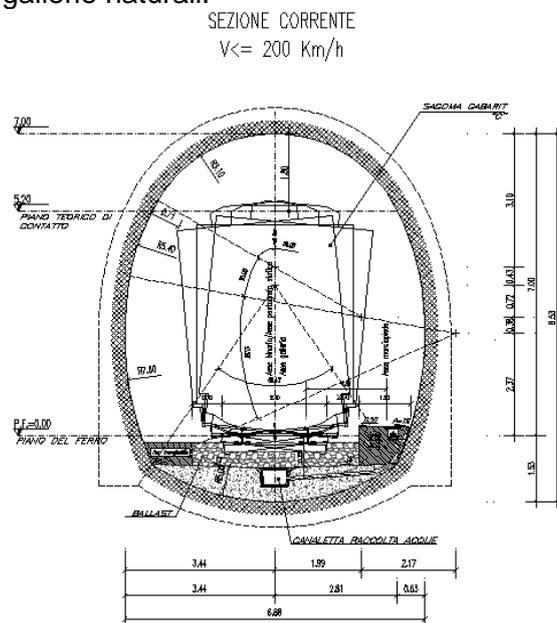
Per le gallerie si è adottata la tipologia galleria bitubo a singolo binario con collegamenti a prova di fumo ogni 250 mt costituenti rifugi (luoghi sicuri) di adeguate dimensioni. Sono previsti anche i relativi impianti idrici, di eliminazione fumi, elettrici, comunicazioni e segnaletica di emergenza.

Per quanto riguarda le vie di esodo, tenuto conto delle distanze in gioco relativamente brevi, si è prevista, come accennato, solo la realizzazione di un accesso mediante rampe per un veicolo bimodale all'imbocco della galleria lato Ponte, con adiacente/prossima area di emergenza (triage).

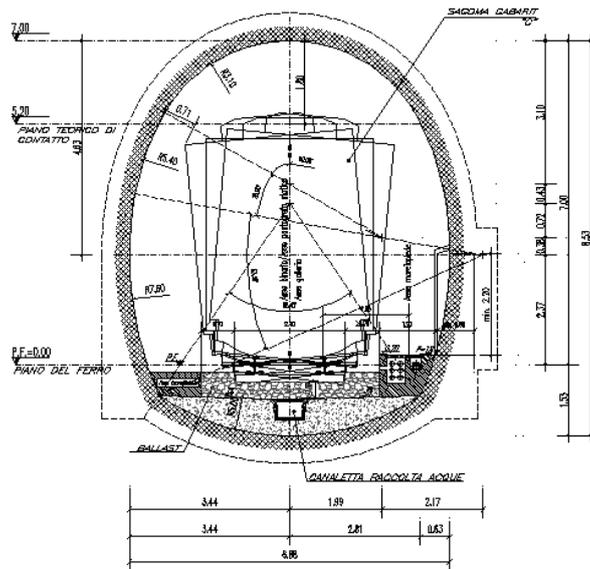
Il Posto di Manutenzione lato Calabria potrà essere localizzato nell'ambito degli impianti adiacenti la Stazione di Villa San Giovanni (distanza su ferro dal Ponte pari a circa 5 Km, equivalente alla distanza dal Ponte del P.M. previsto in Sicilia) mentre un veicolo bimodale per manutenzione potrà utilizzare anche l'accesso di emergenza di cui sopra.

4.2.1 Gallerie naturali

Alleghiamo i tipologici delle gallerie naturali.



SEZIONE IN CORRISPONDENZA DELLA NICCHIA
DI RICOVERO DEL PERSONALE
 $V \leq 200$ Km/h



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 ferroviarie 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.

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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).

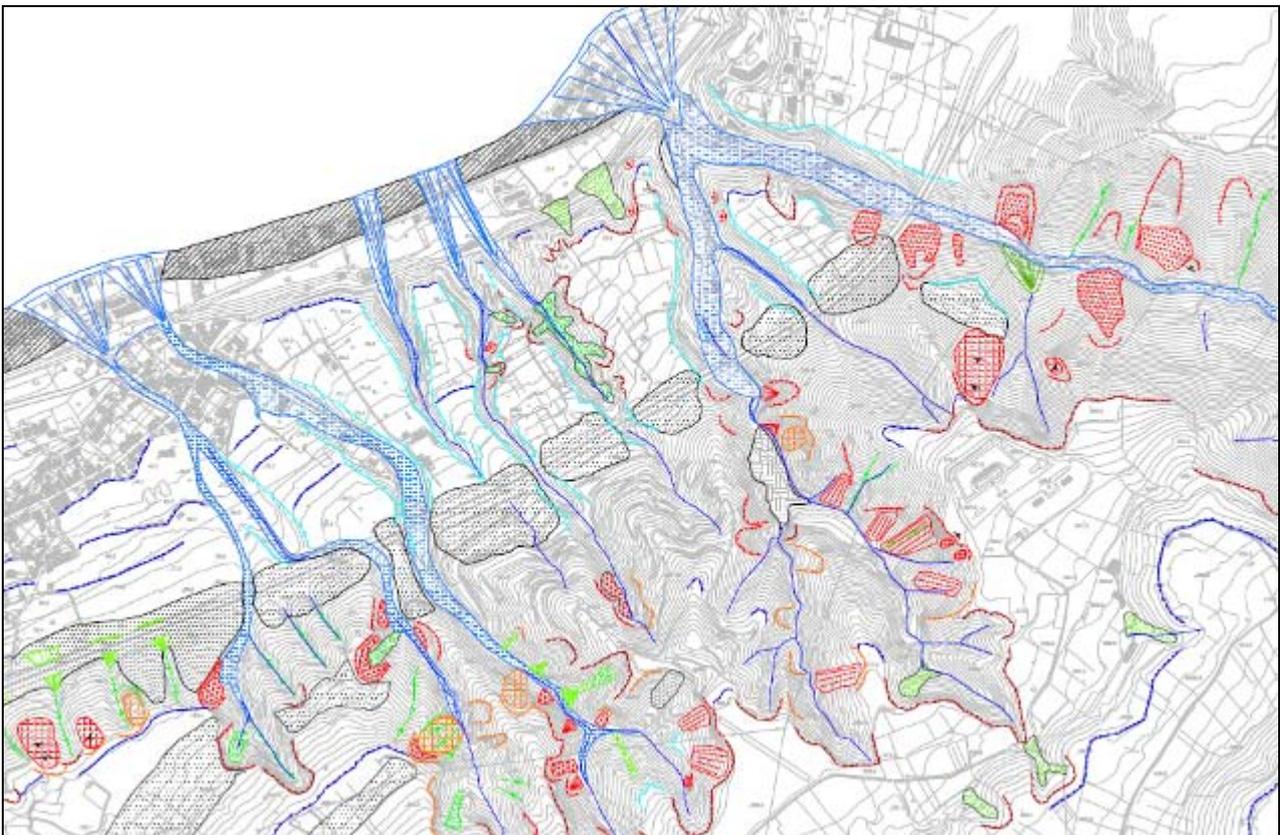


Figura 1 - Inquadramento geomorfologico; valloni compresi tra i torrenti S. Trada e Zagarella

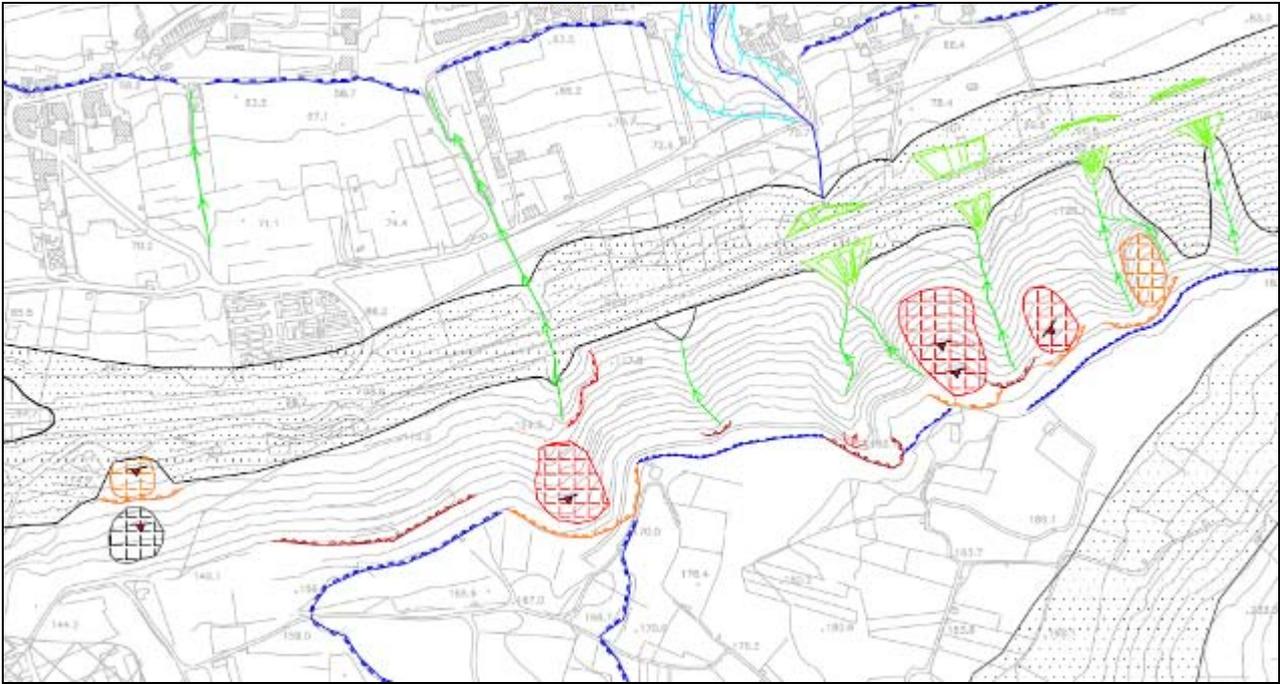


Figura 2 - Inquadramento geomorfologico; versante tra lo svincolo del tracciato della A3 di S. Trada e l'area di servizio "Villa San Giovanni"

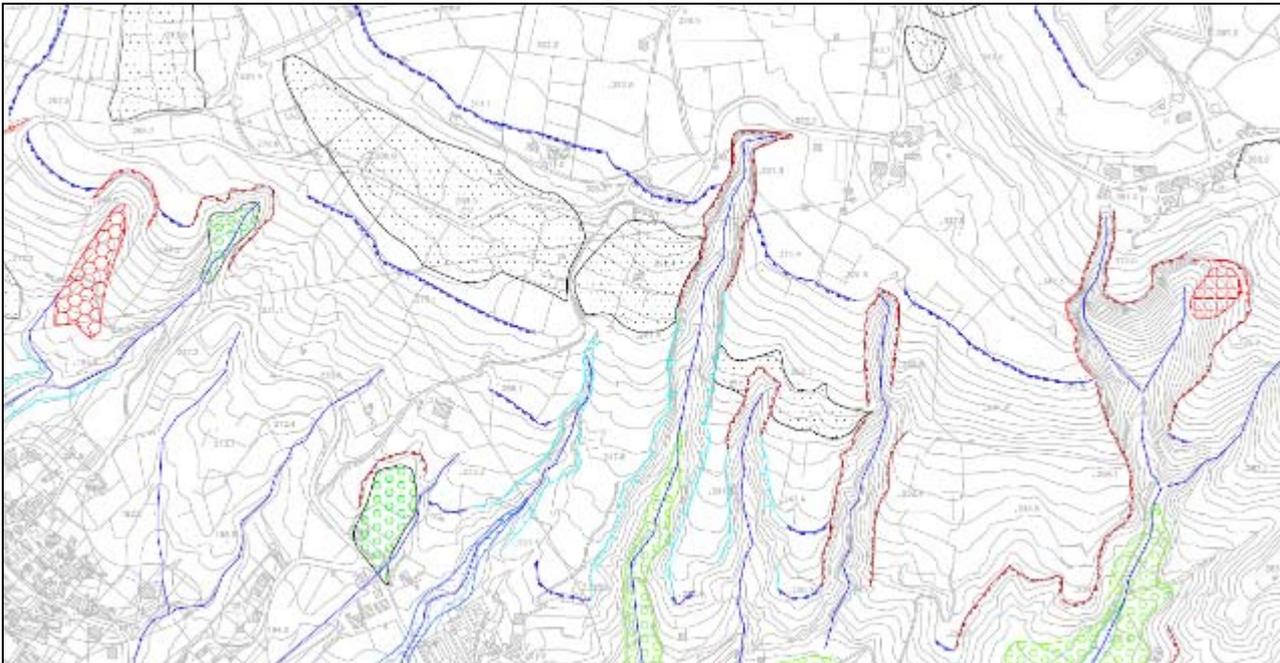


Figura 3 - Inquadramento geomorfologico; settori meridionale ed occidentale dell'area

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

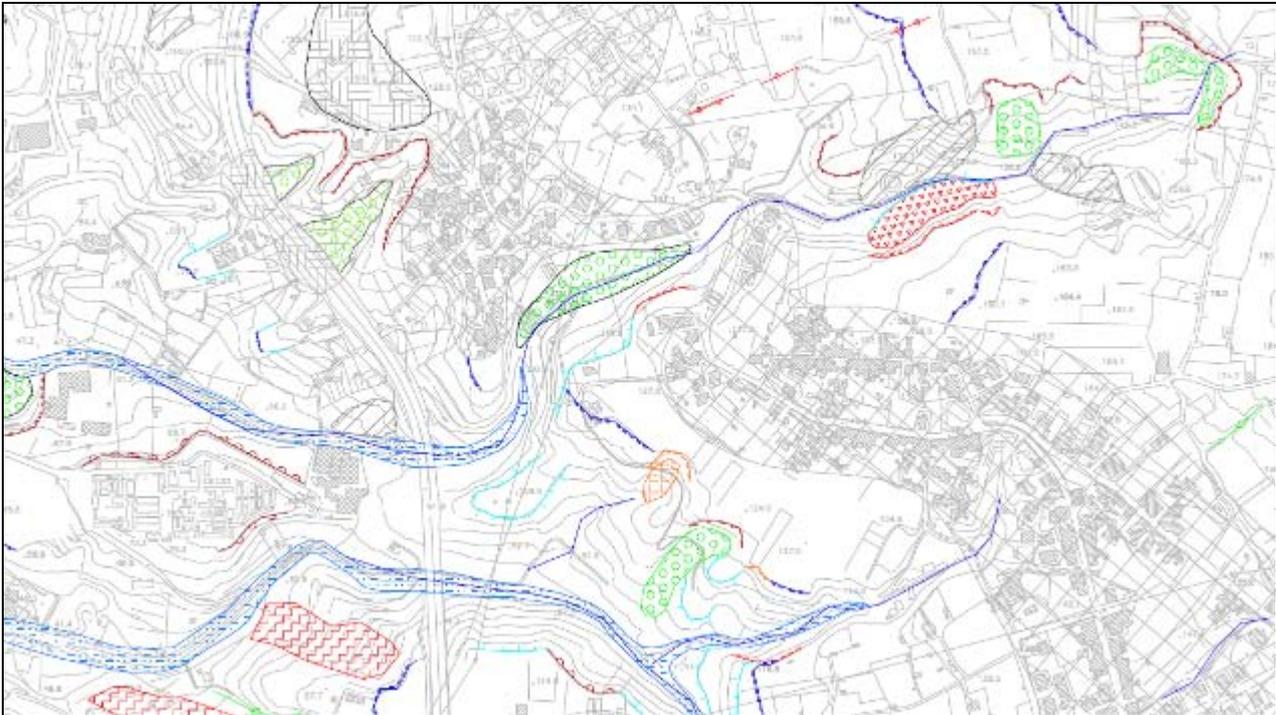


Figura 4 - Inquadramento geomorfologico; settori meridionale ed occidentale dell'area

5.3 Inquadramento stratigrafico lungo il tracciato

Di seguito si descrivono in sintesi le litologie presenti lungo il tracciato 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale	<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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

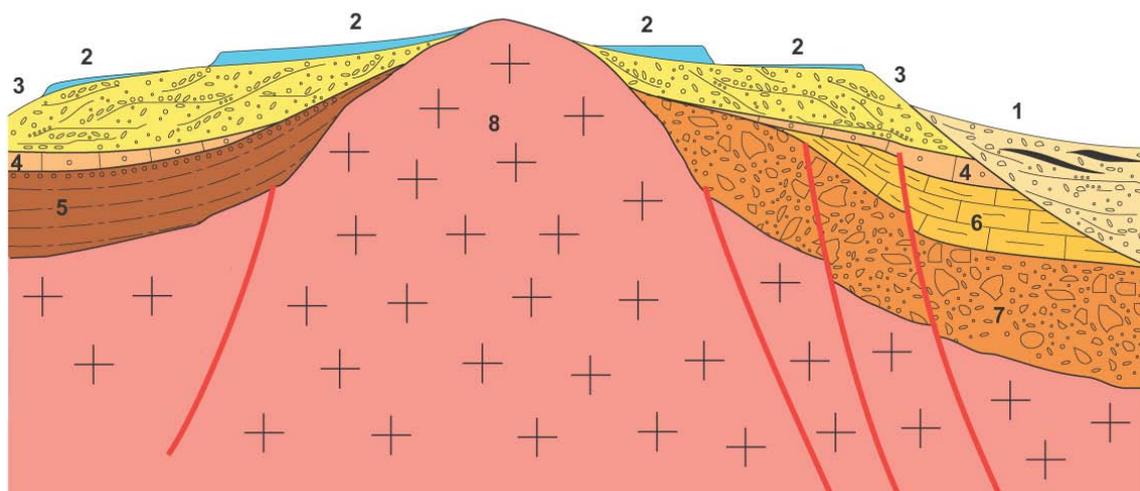


Figura 5 - Schema dei rapporti stratigrafici. 1) Depositi di spiaggia attuale e recente con lenti torbose; 2) Depositi marini terrazzati; 3) Ghiaie e sabbie di Messina; 4) Calcareni di S. Corrado; 5) Formazione di Massa; 6) Trubi; 7) Conglomerato di Pezzo; 8) Substrato granitico e metamorfico.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 plagioclasti; 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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-limoso 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 un 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.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 depositi sedimentari attribuiti al Messiniano, potrebbe essere imputabile sia ad una fase erosionale

EuroLink S.C.p.A. Pagina 33 di 201

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

pre-pliocenica, 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 biozona 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 rinvencono 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale	<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale	<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

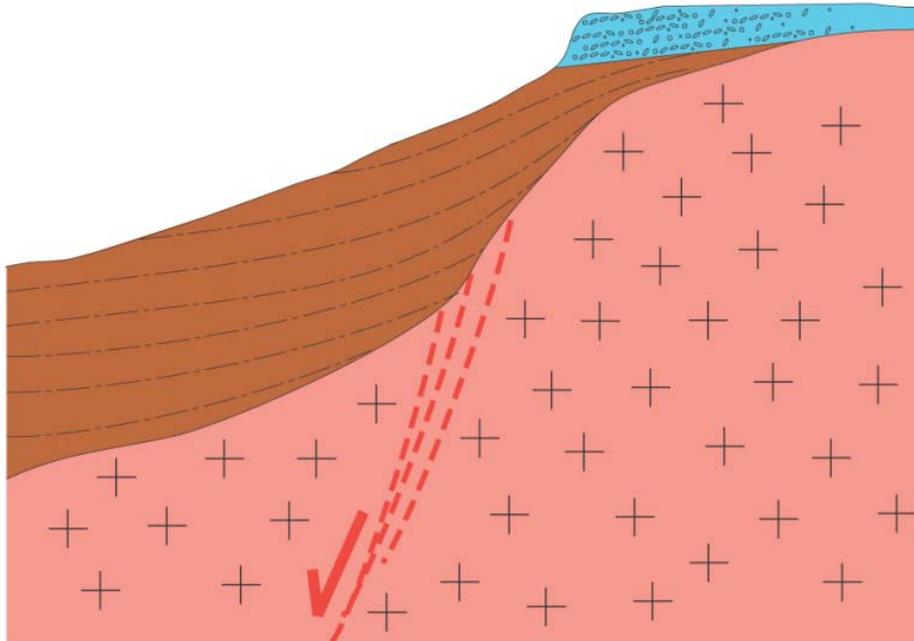


Figura 18 - Schema dei rapporti tra i depositi riferiti alla Formazione di le Masse ed il substrato cristallino granitoide lungo il sistema tettonico Piaie-Mortille (sinistra).

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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 brecce 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).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale	<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 grallastri).

La frazione clastica dei livelli calcarenitici è costituita da elementi eterogenei, eterometrici (diametri

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

da millimetrici a pluricentrici), sub angolari e subordinatamente subarrotondati. La frazione 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 rinvencono 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

diretto contatto con il substrato cristallino-metamorfico (località Campo Piale), fino a 100m tra gli 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

depositi affioranti possono essere attribuiti alle facies clinostratificate del foreset (ovvero della 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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>COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale</p>		<p><i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc</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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 é 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 29 - Depositi eluvio-colluviali soprastanti depositi di versante clinostratificati, 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 Sintesi lungo il tracciato

Di seguito si riporta una sintesi delle litologie incontrate lungo il tracciato delle gallerie naturali ferroviarie.

5.4.1 Ramo 1

A partire dall'imbocco lato Messina per circa 40 -50 metri, il fronte di scavo potrà trovarsi in condizioni miste, ovvero costituito dai depositi terrazzati marini e dal Conglomerato di Pezzo. Successivamente, lo scavo si svilupperà interamente all'interno del Conglomerato di Pezzo fino alla progressiva 1+550 circa. Da questa progressiva alla progressiva 2+200 (che rappresenta il Limite dell'intervento di SdM) lo scavo si svilupperà interamente all'interno del substrato cristallino, costituito dalle Plutoniti.

5.4.2 Ramo 2

A partire dall'imbocco lato Messina per circa 30 metri, il fronte di scavo potrà trovarsi in condizioni miste, ovvero costituito dai depositi terrazzati marini e dal conglomerato di Pezzo. Successivamente, lo scavo si svilupperà interamente all'interno del Conglomerato di Pezzo fino

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

alla progressiva 1+600 circa. Dalla progressiva 1+600 circa alla progressiva 2+200 (che rappresenta il Limite dell'intervento di SdM) lo scavo si svilupperà interamente all'interno del substrato cristallino, costituito dalle Plutoniti.

5.4.3 Ramo 5

A partire dalla progressiva di inizio intervento, fino alla progressiva 0+380 circa, il fronte di scavo potrà trovarsi in condizioni miste, ovvero costituito dal conglomerato di Pezzo e dal substrato cristallino costituito dalle plutoniti. Dalla progressiva 0+380 circa alla progressiva 0+500 (che rappresenta il Limite dell'intervento di SdM) lo scavo si svilupperà interamente all'interno del substrato cristallino, costituito dalle plutoniti.

5.4.4 Ramo 6

A partire dalla progressiva 0+200 circa, inizio intervento al termine del camerone di interconnessione, fino alla progressiva 0+500 (che rappresenta il Limite dell'intervento di SdM) lo scavo si svilupperà interamente all'interno del substrato cristallino costituito dalle plutoniti.

5.5 Inquadramento idrogeologico

In questo paragrafo si indicheranno i principali aspetti idrogeologici della zona interessata, descrivendo per ogni ramo ferroviario la situazione idrogeologica attualmente presente: per maggiori dettagli fare riferimento alla Relazione Idrogeologica Descrittiva relativa ai collegamenti Lato Calabria.

Le gallerie ferroviarie rappresentano gli elementi di drenaggio più profondi dell'intero nodo di opere di accesso al ponte sulla sponda calabrese. Esse verranno scavate con metodo tradizionale e potranno pertanto essere soggette ad afflussi. Nel seguito la descrizione idrogeologica verrà realizzata separatamente per i rami 1+2 e 5+6, poiché per ogni coppia di diramazione i tracciati delle due gallerie sono molto simili e presentano pressoché le medesime intersezioni con i diversi elementi idrogeologici.

5.5.1 Rami 1 e 2

Queste gallerie si sviluppano per gran parte del loro tracciato in zona satura. Facendo riferimento per semplicità al Ramo 1, sulla base delle ricostruzioni piezometriche disponibili, la galleria

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dovrebbe trovarsi al di sotto della superficie di falda a partire dal Km 0+500 ca. Da questo punto fino al Km 1+670 ca. (1+600 ca. per il Ramo 2) essa si svilupperà all'interno del conglomerato di Pezzo, che in questo settore, assieme alle ghiaie e sabbie di Messina e ai depositi alluvionali e dei terrazzi marini costituisce un corpo acquifero unico che ospita un sistema di flusso a falda libera.

Per quanto attiene al livello d'acqua nell'intorno delle gallerie, tra il Km 0+450 e 0+550 esso sarà trascurabile, collocandosi perlopiù tra la quota della platea e quella della calotta delle opere. Nel successivo tratto fino al Km 0+800 esso tende a crescere progressivamente, fino a raggiungere i 40m al di sopra della calotta. Oltre i 400m non si dispone di una ricostruzione piezometrica generale. Se tuttavia si fa riferimento ai dati piezometrici attualmente disponibili per il sondaggio C412, che per i mesi di ottobre-dicembre restituisce quote piezometriche di circa 112 ms.l.m., si può ipotizzare che il livello piezometrico si attesti intorno ai 40-50m sopra la quota della galleria fino al termine della tratta scavata nel conglomerato di Pezzo.

Analogamente a quanto già osservato per le gallerie stradali, nel conglomerato dovrebbero verificarsi venute d'acqua diffuse ma non consistenti a causa della permeabilità perlopiù bassa. I punti in cui si potranno incontrare gli afflussi più consistenti saranno in corrispondenza dell'intersezione con le faglie, che possono determinare locali incrementi della permeabilità. Per effetto del richiamo del flusso da parte delle gallerie, la falda a superficie libera tenderà a mostrare delle perturbazioni che a grande scala dovrebbero risultare piuttosto omogenee, ma che, a causa della presenza delle faglie, che costituiscono dei probabili elementi di maggior permeabilità, potrebbero subire delle accentuazioni locali con senso di allungamento parallelo alle strutture intercettate dalle gallerie.

In particolare, dal momento che le faglie intercettate dai due rami sono strutture a sviluppo ENE-WSW prevalente, che peraltro sono presenti soprattutto a ENE dell'intersezione con le gallerie, sembra probabile che un richiamo di flussi sotterranei da quel settore sia possibile.

Le intersezioni in zona satura con le faglie principali nel conglomerato di Pezzo per il Ramo 1 avverranno al Km 0+750, 1+140 e 1+270 ca.; le faglie intersecate prima del Km 0+500 non dovrebbero essere attraversate in zona satura. Per il ramo 2 valgono le medesime considerazioni, ma le zone di intersezione saranno al km 0+750, 1+000, 1+170 e 1+290 ca.

A partire dal Km 1+670 ca. per il Ramo 1 e 1+600 per il Ramo 2 le gallerie verranno scavate all'interno delle rocce granitoidi del basamento pre-mesozoico. In questo caso gli afflussi saranno probabilmente molto bassi, ad eccezione che nelle zone di faglia, ove saranno possibili incrementi anche considerevoli del grado di permeabilità. Si prevede l'intersezione con due sole zone di faglia

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

che sono localizzate alle progressive 1+680 e 2+130 ca. (Ramo 1) e 1+620, 2+120 ca. (Ramo 2). Il livello d'acqua al di sopra delle gallerie in questo settore non è noto allo stato attuale. Non si esclude che esso possa essere superiore a quello del tratto precedente scavato nel conglomerato di Pezzo e attestarsi localmente sui 60-70m al di sopra della calotta.

5.5.2 Rami 5 e 6

Queste gallerie vengono scavate parzialmente all'interno del conglomerato di Pezzo e, per la maggior parte, all'interno del basamento cristallino pre-mesozoico. Esse interesseranno per l'intero sviluppo del loro tracciato la zona satura e potranno quindi essere interessate da venute più o meno importanti. Per quanto attiene alla tratta di scavo all'interno del conglomerato di Pezzo valgono considerazioni del tutto analoghe a quanto già riportato per i Rami 1 e 2. La permeabilità relativamente bassa della formazione dovrebbe consentire solo venute diffuse ma di debole intensità. I livelli d'acqua al di sopra delle gallerie non sono noti con esattezza ma, sulla base dell'unico dato piezometrico attualmente esistente per settori prossimi a quello delle gallerie (sondaggio C412) si possono stimare livelli d'acqua dell'ordine dei 40-50m al di sopra della calotta. La tratta di scavo all'interno del basamento pre-mesozoico in questo caso appare potenzialmente più critica, almeno dal punto di vista costruttivo, poiché il settore in cui si inseriscono le opere è interessato da numerose faglie. In particolare, tra il Km 0+800 e 1+100 viene attraversata una complessa struttura costituita da un fascio di discontinuità a direzione NW-SE, che dal settore di Piale, dove viene intersecata dalle gallerie, si estende fino alla costa (settore di Cannitello). Questa complessa struttura è verosimilmente sede di circolazioni nel basamento in direzione SE-NW, che possono alimentare la falda del soprastante acquifero costituito dai depositi porosi per permeabilità (conglomerato di Pezzo, ghiaie e sabbie di Messina) alla base del versante in prossimità della costa (settore a valle dei pozzi Pz30 e Pz44).

5.6 Stime sulle portate drenate

Per quanto attiene la stima delle portate drenate si può concludere che le portate massime transitorie si registreranno durante lo scavo delle gallerie ferroviarie. In corrispondenza di queste infrastrutture, nel conglomerato di Pezzo, all'intersezione con le faglie, si potranno incontrare afflussi transitori dell'ordine dei 5 l/s*5m e solo in casi eccezionali le portate potranno superare i 20 l/s*5m. Un discorso analogo vale per lo scavo delle tratte in faglia all'interno del basamento pre-mesozoico, dove tuttavia le portate transitorie potrebbero essere di poco superiori e dell'ordine

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

mediamente dei 5-10 l/s*5m con, in casi eccezionali, portate dell'ordine dei 30-40 l/s*5m. Data la scarsa alimentazione si prevede che l'abbattimento della falda nelle zone di faglia avvenga in tempi molto rapidi e compatibili con le fasi realizzative. Per ulteriori dettagli relativi alla metodologia di avanzamento in tali contesti si rimanda al paragrafo 10.11.

In regime stazionario le portate complessive stimate sono di entità decisamente inferiore. Considerando che i modelli numerici bidimensionali forniscono stime di 0,1-0,2 l/s*10m, sommando le portate dalle due canne delle gallerie ferroviarie, è verosimile che le portate stabilizzate complessive saranno nell'ordine dei 20-40 l/s, ma probabilmente anche inferiori, poiché le assunzioni geometriche fatte per il modello bidimensionale sono estremamente conservative.

5.7 Perturbazione della piezometria

Per quanto attiene la perturbazione della piezometrica, essendo prevista per le gallerie una condizione di drenaggio in regime permanente, le gallerie 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.

Se ciò non determinerà disseccamento dei pozzi presenti nella fascia costiera, che costituisce l'ubicazione delle principali opere di sfruttamento della risorsa idrica sotterranea, potrà comunque determinarne dei cali di produttività.

In ogni caso le acque drenate dalle gallerie ferroviarie saranno raccolte separatamente dalle acque nere mediante due tubazioni Ø 300 e recapitate all'esterno delle gallerie in apposite vasche per il loro trattamento. Le acque trattate potranno quindi essere restituite al territorio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

Per i diversi litotipi rinvenuti lungo il tracciato ferroviario 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 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

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. Data l'estrema variabilità del litotipo e l'eterogeneità intrinseca del materiale, non si esclude tuttavia la presenza ancorché discontinua della fascia alterata anche a maggiori profondità e indipendentemente dalla copertura.

Lo strato superficiale e gli strati tettonizzati, fortemente alterati, sono stati associati al gruppo geomeccanico 3, come evidenziato in Tabella 1. In questo ambito, presumibilmente caratterizzato

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

da una più scarsa cementazione e da maggiore alterazione, sono disponibili:

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

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 1. 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 circa e/o zone scarsamente fratturate)	GRUPPO 2 (30m<z<60m circa e/o zone mediamente fratturate)	GRUPPO 3 (z<30m) e/o zone tettonizzate
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 2	320-410	60-320	0-60
ϕ' picco (°)	38-42 z (0-25m) Per profondità maggiori v. Tabella 2	29-32	32-41	38-42
C_r' (kPa)	v. Tabella 2	200-260	50-250	0-40
ϕ_r' (°)	v. Tabella 2	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 1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

Tabella 2

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

corrispondenti a profondità massime di circa 20m.

Plutoniti		Picco		Residuo		
IV classe		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

Tabella 3

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)		copertura (m)	c' (MPa)	φ' (°)	c' (MPa)	φ' (°)
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 4

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

γ (kN/m ³)	21÷23	21÷23	21÷23	21÷23	21÷23
c' piccolo (kPa)	v. Tabella 3 e Tabella 4	360-550	200-360	300-460	180-300
ϕ' piccolo (°)	v. Tabella 3 e Tabella 4	38-42	38-44	32-38	37-44
C_r' (kPa)	v. Tabella 3 e Tabella 4	290-440	160-290	240-370	140-240
ϕ_r' (°)	v. Tabella 3 e Tabella 4	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 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	850-1500	500-850	500	350-500
ν' (-)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
K (m/s)	$10^{-7} \div 10^{-8}$	$10^{-7} \div 10^{-8}$	$10^{-7} \div 10^{-8}$	$10^{-7} \div 10^{-8}$	$10^{-7} \div 10^{-8}$

Simbologia:

γ = 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 geosturali 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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:

- priverimento 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 trattato 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		Codice documento CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	Rev Data F0 20/06/2011

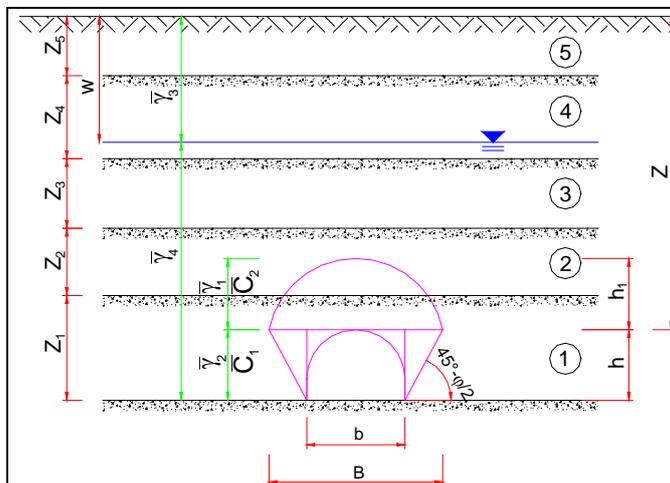


Figura 31 – Schema proposto da Tamez.

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).

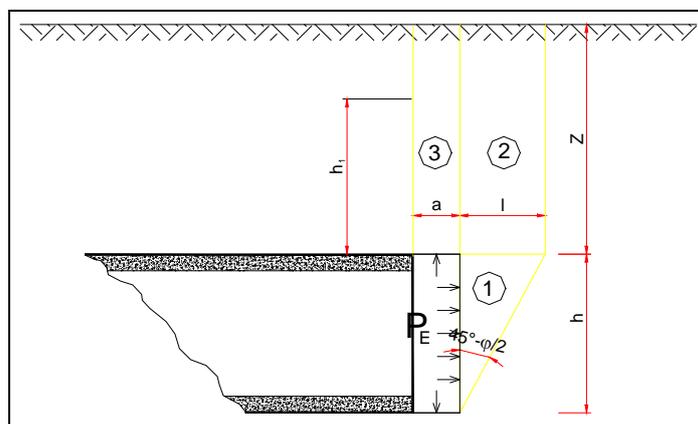


Figura 32 – Schema proposto da Tamez.

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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 0.3 e 0.5.
- **FASE 1A:** Raccolta dei dati di input relativi agli edifici interessati dal bacino di subsidenza indotto dallo scavo ottenuti dagli elaborati grafici (sezioni e planimetrie di progetto) e dalle

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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.

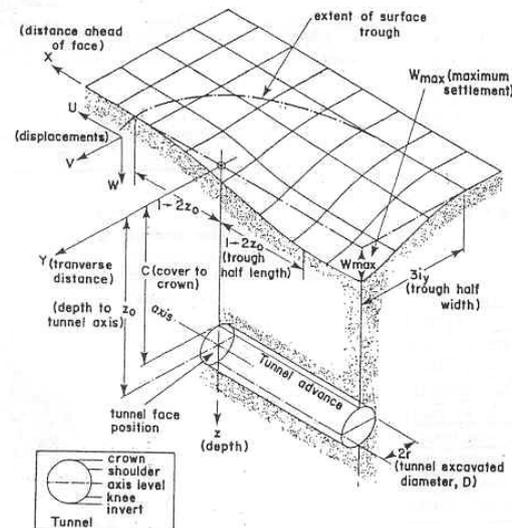


Fig. 33 - Curva di subsidenza

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:

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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						

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

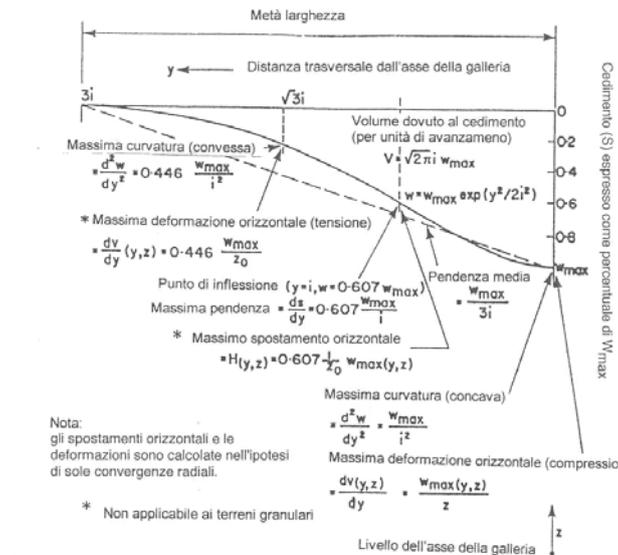


Fig. 34 - Profilo trasversale di subsidenza

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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- gli spostamenti orizzontali e verticali di punti esterni ai limiti del bacino sono nulli;
- 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 (H3/12 in zona sagging ; H3/3 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)

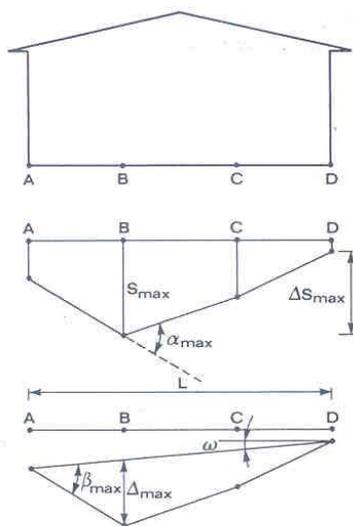
I campi di deformazione vengono composti, per ogni campo deformativo (hogging a dx – sagging – hogging a sx), secondo le seguenti equazione:

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

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

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).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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						



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 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 5 – 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.</u> Le fessure ricorrenti possono essere mascherate con opportuni rivestimenti. 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tabella 6 –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	4-5 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 rigidezza 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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

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).

6.5.1 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 elettrosaldata, e centine metalliche accoppiate IPN160, a passo 1.0m;
- Coronella di terreno consolidato al contorno mediante 23 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° 28 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- rivestimento definitivo in c.a. dello spessore di 70 cm in arco rovescio, variabile in calotta tra 40 e 100 cm con spessore medio di 70 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 cementata
- 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 ≥ 130 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.

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. ≥ 5 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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 $3\varnothing$ 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.

6.5.2 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 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 60cm in calotta.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: ESECUZIONE DRENAGGI IN AVANZAMENTO

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 $Sp. \geq 5\text{cm}$ ad ogni sfondo da eseguirsi per ragioni legate alla sicurezza operativa.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FASE 3: POSA IN OPERA CENTINE E 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 micro fessurata.

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 impermeabilizzante di 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.

6.5.3 Sezione tipo C2

Interventi previsti

La sezione tipo C2 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 elettrosaldata, e centine metalliche accoppiate IPN220, a passo 1.0m;
- coronella di terreno consolidato al contorno mediante n°55 tubi in VTR valvolati ed iniettati, L=14 m, sovrapp.=5.0 m;
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 40 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.
- rivestimento definitivo in c.a. dello spessore di 100 cm in arco rovescio e 90cm in calotta.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO CON ELEMENTI STRUTTURALI IN VETRORESINA AL FRONTE

- A. esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato di uno spessore minimo di 10 cm.
- B. Perforazione secondo la geometria di progetto
- C. Inserimento dell'elemento strutturale in VTR nel foro e cianfrinatura del bocca foro
- D. Cementificazione dell'elemento strutturale mediante utilizzo di malta di cemento
- E. Le operazioni B, C, D andranno effettuate a gruppi di massimo cinque elementi per volta, in maniera .

FASE 2: ESECUZIONE PRECONSOLIDAMENTO AL CONTORNO

Esecuzione preconsolidamento al contorno secondo le geometrie di progetto, mediante tubi in VTR valvolati ed iniettati (2 vlv/m – 30 lt/vlv)

FASE 3: ESECUZIONE DRENAGGI IN AVANZAMENTO (EVENTUALI)

FASE 4: ESECUZIONE SCAVO E PRE SPRITZ-BETON AL CONTORNO

Lo scavo deve essere eseguito a piena sezione, sagomando il fronte a forma concava ($f > 1,5$ m) con sfondo max di 1,00 m e protetto con uno strato di spritz fibrorinforzato $S_p \geq 5$ cm ad ogni sfondo da eseguirsi per ragioni legate alla sicurezza operativa.

FASE 5: POSA IN OPERA CENTINE E GETTO IN SPRITZ-BETON

Appena posate le centine devono essere collegate alle altre attraverso le apposite catene. Lo spritz-beton deve essere armato con rete elettrosaldata o fibrorinforzato. La distanza tra l'ultima centina e il fronte di scavo non deve essere maggiore di 1,00 m.

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 ARCO ROVESCIO E MURETTA

Il getto dei rivestimenti di arco rovescio e murette avverrà per campioni e sarà regolato dal comportamento deformativo monitorato. Sarà comunque possibile anticipare il getto delle murette rispetto a quello dell'arco rovescio mantenendole ad una distanza dal fronte di $2\emptyset$.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

FASE 9: GETTO PIEDRITTI E CALOTTA

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

6.6 Sezioni tipo di partenza in Galleria Naturale

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

GALLERIA	IMBOCCO	SEZIONE TIPO D'ATTACCO*
RAMO 1	CENTRO DIREZIONALE	B2V in direzione RC il ramo termina nel camerone di interconnessione
RAMO 2	CENTRO DIREZIONALE	B2V in direzione Villa S.Giovanni il ramo termina nel camerone di interconnessione

*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 B2V o quanto altro indicato in tabella.
- Le scelte effettive operative di cantiere saranno subordinate caso per caso alle informazioni puntuali di sito che deriveranno dallo scavo degli imbocchi e dei conchi 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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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.

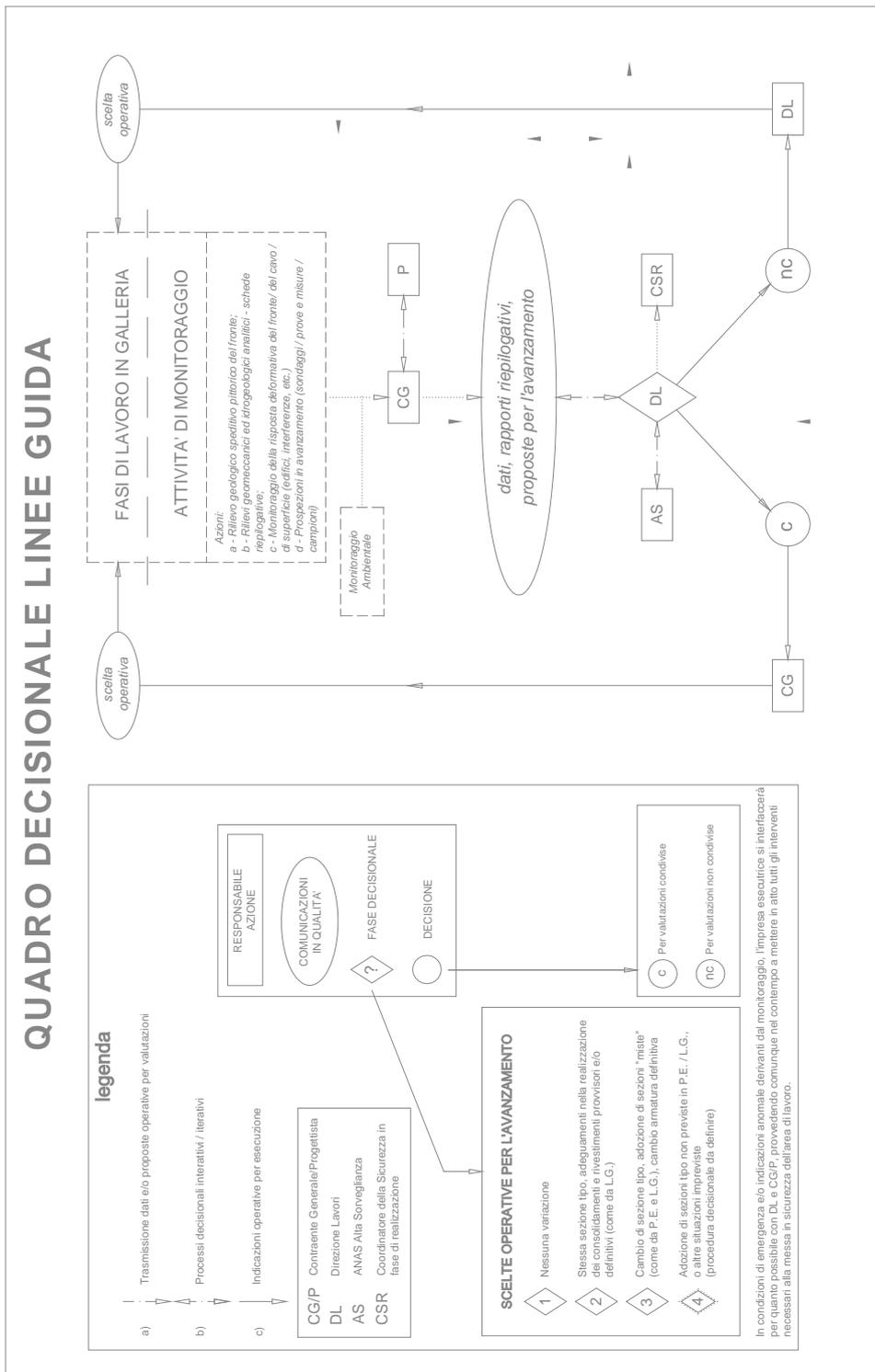
Qualora la situazione riscontrata non corrisponda a nessuna di quelle ipotizzate nella tratta in esame, e di conseguenza nessuna delle sezioni tipo previste possa essere adottata, ma tuttavia tale situazione sia analoga ad altre ipotizzate lungo il tracciato, si procederà all'adozione di una diversa 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 geostrutturali, 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		Codice documento CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	Rev F0	Data 20/06/2011

8 Ramo 1 e Ramo 5

	SEZIONE TIPO	CAMPO DI APPLICAZIONE	TIPO DI CARREGGIATA	PRECONS. FRONTE	PRECONS. CONTORNO	PRESOSTEGNO	SPRITZ BETON	CENTINE
RAMO 1	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	2IPN160/100
	CAMERONE	Applicata nella formazione del "CONGLOMERATO DI PEZZO".	STANDARD	VTR CEMENTATI	INIEZIONI	TUBI IN ACCIAIO SU 120°	VAR.	VAR.
	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 "CONGLOMERATA DI PEZZO" nel caso di ammasso poco fratturato e per cop	STANDARD	-	-	-	25cm	2IPN180/120

	SEZIONE TIPO	CAMPO DI APPLICAZIONE	TIPO DI CARREGGIATA	PRECONS. FRONTE	PRECONS. CONTORNO	PRESOSTEGNO	SPRITZ BETON	CENTINE
RAMO 5	CAMERONE	Applicata nella formazione del "CONGLOMERATO DI PEZZO".	STANDARD	VTR CEMENTATI	INIEZIONI	TUBI IN ACCIAIO SU 120°	VAR.	VAR.
	B2V	Applicata nella formazione del "CONGLOMERATO DI PEZZO".	STANDARD	VTR CEMENTATI	INIEZIONI	TUBI IN ACCIAIO SU 120°	25cm	2IPN160/100
	B0	Applicata nella formazione delle "PLUTONITI".	STANDARD	VTR CEMENTATI	INIEZIONI	TUBI IN ACCIAIO SU 120°	25cm	2IPN160/100

Tabella 7 Sintesi sezioni tipo applicate

FERROVIA CALABRIA RAMO 1-5 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 GR1/GR2	B0	4	6	3	5
CDP GR2/GR3	B2V	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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8.1 Analisi lungo il tracciato e sintesi delle criticità

Per il Ramo 1, a partire dall'imbocco lato Messina per circa 40 -50 metri, il fronte di scavo potrà trovarsi in condizioni miste, ovvero costituito dai depositi terrazzati marini e dal Conglomerato di Pezzo. Successivamente, lo scavo si svilupperà interamente all'interno del Conglomerato di Pezzo fino alla progressiva 1+550 circa. Da questa progressiva alla progressiva 2+200 (che rappresenta il Limite dell'intervento di SdM) lo scavo si svilupperà interamente all'interno del substrato cristallino, costituito dalle Plutoniti.

Per il Ramo 5, A partire dalla progressiva di inizio intervento, fino alla progressiva 0+380 circa, il fronte di scavo potrà trovarsi in condizioni miste, ovvero costituito dal conglomerato di Pezzo e dal substrato cristallino costituito dalle plutoniti. Dalla progressiva 0+380 circa alla progressiva 0+500 (che rappresenta il Limite dell'intervento di SdM) lo scavo si svilupperà interamente all'interno del substrato cristallino, costituito dalle plutoniti.

Relativamente alle infrastrutture ferroviarie, utilizzando pochi punti d'acqua localizzati in prossimità dei tracciati, si è verificata la presenza della piezometrica limitatamente ai primi 800 m circa dall'inizio dei tracciati dei Rami 1 e 2. Pertanto, in relazione alla quota della galleria lo scavo procederebbe in parte in zona satura, dove potrebbero aversi manifestazioni idriche tipo stillicidio o anche venute diffuse, pur tenendo conto del tipo di acquifero interessato, caratterizzato da permeabilità medio-bassa principalmente nella parte più superficiale. Nell'attraversamento di alcune discontinuità tettoniche le manifestazioni possono presentarsi di tipo concentrato puntuale.

8.2 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORMAZIONE		CONGLOMERATO DI PEZZO GR3 PLUTONITI INTENSAMENTE FRATTURATE		
SEZIONE TIPO B2V	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	12	9
	Centine (2IPN)	160	160	200
	Passo centine (m)	1,20	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte VTR (n°)	22	28	36
	Lunghezza VTR (m)	18	21	18
	Consolidamento al contorno (n°)	18	23	28
	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

Qualora il grado di fratturazione risulti elevato (zone particolarmente tettonizzate/milonitizzate – zone di faglia) potrà prevedersi l'utilizzo di una sezione C2, presentata come sezione tipo di avanzamento nel Progetto.

8.3 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORMAZIONE		CONGLOMERATO, PLUTONITI		
SEZIONE TIPO B0	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Centine (2IPN)	160	180	200
	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	15.0Φ	12.0Φ	12.0Φ

8.4 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 esecutivo 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale	<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0

9 Ramo 2 e Ramo 6

	SEZIONE TIPO	CAMPO DI APPLICAZIONE	TIPO DI CARREGGIATA	PRECONS. FRONTE	PRECONS. CONTORNO	PRESOSTEGNO	SPRITZ BETON	CENTINE
RAMO 2	B2V	Applicata nella formazione del "CONGLOMERATO DI PEZZO".	STANDARD	VTR CEMENTATI	INIEZIONI	TUBI IN ACCIAIO SU 120°	25cm	2IPN160/100
	CAMERONE	Applicata nella formazione del "CONGLOMERATO DI PEZZO".	STANDARD	VTR CEMENTATI	INIEZIONI	TUBI IN ACCIAIO SU 120°	VAR.	VAR.
	B2V	Applicata nella formazione delle "PLUTONITI".	STANDARD	VTR CEMENTATI	INIEZIONI	TUBI IN ACCIAIO SU 120°	25cm	2IPN200/75
	B0	Applicata nella formazione delle "PLUTONITI".	STANDARD	-	-	-	25cm	2IPN180/120

	SEZIONE TIPO	CAMPO DI APPLICAZIONE	TIPO DI CARREGGIATA	PRECONS. FRONTE	PRECONS. CONTORNO	PRESOSTEGNO	SPRITZ BETON	CENTINE
RAMO 6	CAMERONE	Applicata nella formazione del "CONGLOMERATO DI PEZZO".	STANDARD	VTR CEMENTATI	INIEZIONI	TUBI IN ACCIAIO SU 120°	VAR.	VAR.
	B0	Applicata nella formazione delle "PLUTONITI".	STANDARD	-	-	-	25cm	2IPN180/120
	B2V	Applicata nella formazione del "CONGLOMERATO DI PEZZO".	STANDARD	-	-	-	25cm	2IPN180/120

Tabella 8 Sintesi sezioni tipo applicate

FERROVIA CALABRIA RAMO 2-6 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 GR1/GR2	B0	4	6	3	5
CDP GR2/GR3	B2V	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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9.1 Analisi lungo il tracciato e sintesi delle criticità

Per il Ramo 2, a partire dall'imbocco lato Messina per circa 30 metri, il fronte di scavo potrà trovarsi in condizioni miste, ovvero costituito dai depositi terrazzati marini e dal conglomerato di Pezzo. Successivamente, lo scavo si svilupperà interamente all'interno del Conglomerato di Pezzo fino alla progressiva 1+600 circa. Dalla progressiva 1+600 circa alla progressiva 2+200 (che rappresenta il Limite dell'intervento di SdM) lo scavo si svilupperà interamente all'interno del substrato cristallino, costituito dalle Plutoniti.

Per il Ramo 6, a partire dalla progressiva 0+200 circa, inizio intervento al termine del camerone di interconnessione, fino alla progressiva 0+500 (che rappresenta il Limite dell'intervento di SdM) lo scavo si svilupperà interamente all'interno del substrato cristallino costituito dalle plutoniti.

Relativamente alle infrastrutture ferroviarie, utilizzando pochi punti d'acqua localizzati in prossimità dei tracciati, si è verificata la presenza della piezometrica limitatamente ai primi 800 m circa dall'inizio dei tracciati dei rami 1 e 2. Pertanto, in relazione alla quota della galleria lo scavo procederebbe in parte in zona satura, dove potrebbero aversi manifestazioni idriche tipo stillicidio o anche venute diffuse, pur tenendo conto del tipo di acquifero interessato, caratterizzato da permeabilità medio-bassa principalmente nella parte più superficiale. Nell'attraversamento di alcune discontinuità tettoniche le manifestazioni possono presentarsi di tipo concentrato puntuale.

9.2 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORMAZIONE		CONGLOMERATO DI PEZZO GR3 PLUTONITI INTENSAMENTE FRATTURATE		
SEZIONE TIPO B2V	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Campo di avanzamento (m)	12	12	9
	Centine (2IPN)	160	160	200
	Passo centine (m)	1,20	1,00	1,00
	Spessore sb (m)	0,25	0,25	0,25
	Consolidamento fronte VTR (n°)	22	28	36
	Lunghezza VTR (m)	18	21	18
	Consolidamento al contorno (n°)	18	23	28
	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

Qualora il grado di fratturazione risulti elevato (zone particolarmente tettonizzate/milonitizzate – zone di faglia) potrà prevedersi l'utilizzo di una sezione C2, presentata come sezione tipo di avanzamento nel Progetto.

9.3 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

FORMAZIONE		CONGLOMERATO, PLUTONITI		
SEZIONE TIPO B0	INTERVENTI	MIN	MEDI	MAX
	Centine (2IPN)	160	180	200
	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	15.0Φ	12.0Φ	12.0Φ

9.4 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 esecutivo 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10 Tecnologie alternative e prescrizioni

10.1 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 (tipo FIT System); 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 quanto evidenziato per il trattamento al contorno mediante jet grouting $\phi 600$ eseguito in avanzamento).

10.2 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, filati in vetro, polipropilene, vetroresina, etc.).

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

differente modalità di messa in opera.

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 $f_{cm}=25\text{MPa}$.

10.3 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.

10.4 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.

10.5 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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:

- 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. In corrispondenza degli imbocchi, per uno sviluppo pari a 25m per ogni canna, ossia nelle zone ove si verifica generalmente la concomitanza di parietalità e basse coperture.
- e. Nelle zone soggette a rischio sismico (basse coperture, zone di contatto stratigrafico, zone di faglia);
- f. Nelle zone interessate da basse coperture e carichi fortemente disimmetrici (zone parietali);
- g. Nelle zone di innesto con i by-pass;
- h. Nelle tratte soggette ad elevate coperture in contesti geomeccanici "scadenti"
- i. Nel caso di sezioni allargate

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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".

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".

10.6 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ammassi che si trovino in condizioni geomeccaniche scadenti o per situazioni che evidenzino elevati valori tensi/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 tensi/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 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.

10.7 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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).

10.8 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 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.

10.9 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.

Le analisi non hanno evidenziato edifici sensibili in nessuna configurazione di volume perso ipotizzata.

Non si esclude, comunque, in corrispondenza del sottoattraversamento di preesistenze (edifici civili, capannoni industriali, etc), per minimizzare le subsidenze prodotte dallo scavo in superficie,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

l'adozione di una sezione tipo che preveda una intensificazione degli interventi di consolidamento e l'impiego di un passo centine ridotto.

10.10 Interferenze di opere infrastrutturali

Il tracciato delle linee ferroviarie Ramo 2 e Ramo 5 prevede un'intersezione planimetrica al KM 1+670 circa (PK riferita la Ramo2).

Altimetricamente le due opere presentano una differenza di PF pari a circa 11m con distanza media tra i rivestimenti di calotta del Ramo 2 e di arco rovescio del Ramo 5 inferiore ad un metro.

Da un punto di vista geotecnico l'intersezione cade all'interno della formazione del substrato cristallino granitoide con copertura di circa 115m.

Le principali fasi previste per la realizzazione della tratta sono:

1. Scavo della galleria binario pari (DIR ME-RC – Ramo 2) 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 1.0mx1.0m. 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. della galleria binario pari (Ramo 2) per un tratto di 90m a cavallo dell'intersezione con la galleria Ramo 5. 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 galleria binario dispari direzione A.C. – ME (Ramo 5) 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 dal Ramo2, sarà possibile utilizzare la sezione tipo B0, come previsto in profilo.

Durante lo scavo della linea Ramo 5 dovrà essere previsto il monitoraggio del rivestimento definitivo della linea Ramo 2 mediante misure deformative e tensionali.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10.11 Scavo in zone di faglia in presenza di falda

Come descritto nella relazione idrogeologica, i terreni interessati dallo scavo delle gallerie ferroviarie, 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. Fanno eccezione situazioni locali in cui la roccia è interessata da particolare disturbo tettonico con estese fratture, spesso beanti e prive di riempimento, che permettono una maggiore capacità di immagazzinamento delle acque di infiltrazione ed una circolazione più attiva, lasciando tuttavia immutato il ruolo di acquiferi scarsamente produttivi, dato il limitato volume dei serbatoi ricettori.

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 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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.

10.12 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.

10.13 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;
- 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 sottterraneo 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 distanze 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 sottterraneo 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 analitiche e numeriche nella progettazione sismica delle opere in sottterraneo”* – MIR2008):

- danneggiamento dovuto allo scuotimento (influyente 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 10.5 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.

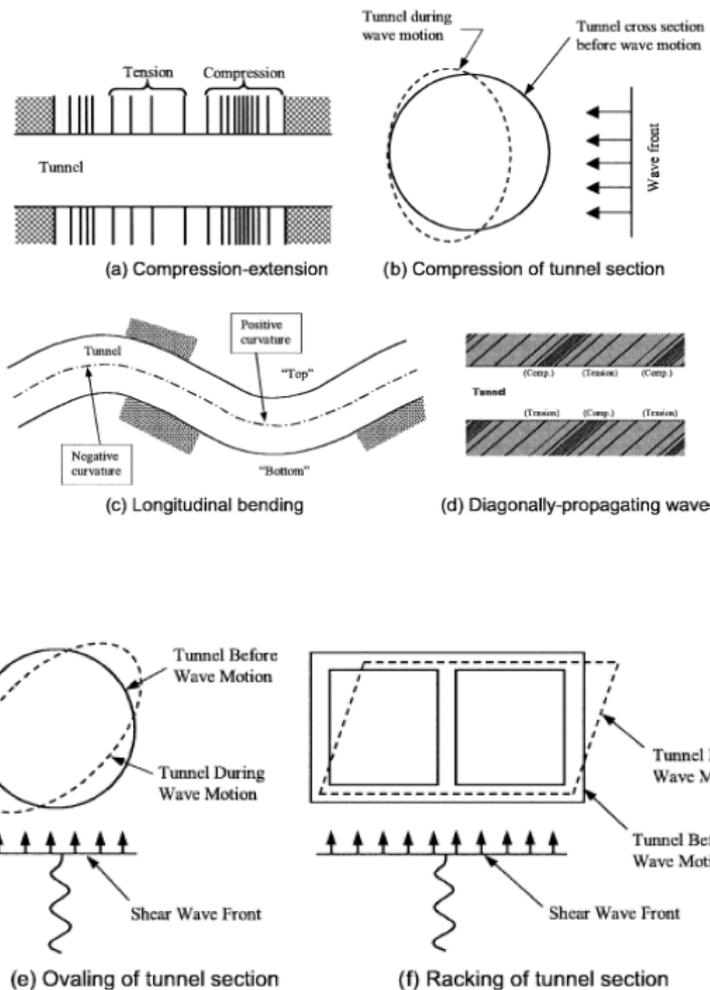
Gli interventi di consolidamento previsti in questa fase progettuale hanno l'obiettivo di garantire il controllo deformativo del fronte e, conseguentemente del cavo, mitigando di fatto gli effetti dinamici dovuti allo scuotimento, che come già affermato, comportano un danneggiamento dell'opera durante 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 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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">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						

- 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 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 10.5); 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Definizione delle soglie di attenzione e di allarme.
- Descrizione del sistema di gestione dati.

11.1 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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.

11.2 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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.

11.2.1 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.

11.2.2 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- N° 5 mire ottiche ubicate sul priverivestimento da installare 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, applicate 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 rivestimento 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).

11.2.3 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).

11.3 Monitoraggio delle gallerie artificiali

11.3.1 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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), 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.

11.3.2 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.

11.3.3 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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.

11.4 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.

11.4.1 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.

11.4.2 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.5 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.

11.5.1 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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.

11.6 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.

11.6.1 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>COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale</p>		<p><i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc</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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12 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.

12.1 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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.

12.2 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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.

12.3 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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.

12.4 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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.

12.5 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

tubo in corrispondenza di una determinata sezione.

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 spiralatura inferiore a 0.5° per metro.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Caratteristiche tecniche

- | | |
|---|--|
| • materiale | ABS - Alluminio |
| • diametro interno | min. 60mm - max. 80mm |
| • lunghezza spezzoni | 3 metri |
| • spessore | min. 3mm |
| • max. torsione ammissibile | >1°/1m |
| • max. compressione lungo l'asse del tubo | 1% della lunghezza spezzone |
| • manicotto di giunzione | auto-allineante sui due spezzoni di tubo |
| • lunghezza manicotto | 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

- | | |
|------------------------|---|
| - tipo di misura | inclinometrica continua in tubo scanalato |
| - tipo di sensore | servoaccelerometro biassiale |
| - campi di misura | ± 30° |
| - precisione sensore | ±0.1 mm / 500 mm |
| - campo di temperatura | -20 +70 °C |

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- | | |
|--------------------------|--|
| - carrello porta sensore | sonda a rotelle basculanti in acciaio inox |
| - 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- la composizione della miscela di cementazione che sarà costituita da acqua, cemento e bentonite (rapporto 100-30-5 parti in peso);
- 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 30m, attraverso la cannetta

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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;

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 spiratura 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 spiratura del tubo, verrà dichiarato idoneo se la deviazione dalla verticale rilevata sarà inferiore al 1,5% e la spiratura

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

totale sarà inferiore a 0.5°/metro lineare.

Le letture sulla tubazione estensimetrica dovranno essere eseguite partendo da fondo foro, con 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);
- azimuth 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.

12.6 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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.

Campi di impiego

Le principali applicazioni dell'estensimetro incrementale tipo Increx 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 increx 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sistema di allertamento.

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.

12.7 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Caratteristiche tecniche

Tubi:

- materiale HPVC
- lunghezza spezzoni 1 m
- Caratteristiche tecniche Sonda:
- campo di misura ±20 mm/m
- sensibilità ±0.01 mm
- precisione ±0.03mm
- 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Se la lunghezza della canna strumentata supera i 30 ml, si provvederà ad accoppiare due tubi di 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;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- collegare la sonda ad un'asta di misura tramite l'apposita filettatura che deve essere 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La calibrazione si effettua, in una stanza a temperatura stabile e mai superiore ai 25°C, con 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.

12.8 Misura geotecnica assestmetro multibase

Campi di impiego

L'assestmetro 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'assestmetro 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

tubi di protezione in PVC, ad una testa di misura ubicata a vista, sulla quale è possibile mediante 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'assestometro 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

rivestimento, solo dopo aver saturato la zona in corrispondenza della zavorra di 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 assestimetro 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 assestimetro; 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I dati ottenuti vengono graficati in un diagramma “cedimenti – tempo”, in cui si visualizzano nel tempo le variazioni dei cedimenti del terreno in prossimità delle zavorre.

12.9 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;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- eseguire con il trapano due fori profondi sui due lati delle pareti della fessura da monitorare;
- 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.

12.10 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

seguito sono per il controllo delle tensioni sulle armature dette per metallo e per il controllo delle 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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.

12.11 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Caratteristiche tecniche

Tubi

Il diametro interno dei tubi varia tra i 40 è 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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.

12.12 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 guida 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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.

12.13 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- lettura di zero; tabelle con letture.

12.14 Misura geotecnica Cella di pressione

Campi di impiego

Le celle 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.15 Misura Geotecnica elettrolivelle e clinometri da parete

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 $\pm 2^\circ$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Alimentazione 8-24 V cc
- 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 $\approx 1,50$ 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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- informazioni a carattere generale, data di installazione, problematiche varie;
- 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

in automatico. L'acquisizione continua dei dati permette, al superamento dei limiti di soglia 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°C +50°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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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;
- 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.

12.16 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dovrà essere descritto individuando il grado (con aggettivo) e il tipo di cementazione (natura e 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 scala 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

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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

direzione di immersione, DIP DIRECTION = azimuth della direzione di immersione) va rilevata 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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.

12.17 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;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- zone poco accessibili;
- 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- protezione sulla linea di alimentazione: scaricatore a gas;
- 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 cassette 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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- informazioni generali; data di posa in opera;
- codice e matricola di ogni strumento;
- certificato di taratura e calibrazione;
- ubicazione e schema geometrico d'installazione.

12.18 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;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- tensione di esercizio: 300 Vrms;
- 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).

12.19 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.

12.20 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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Mediante l'eventuale utilizzo di acquisitori automatici la cadenza di esecuzione delle letture per il 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.

12.20.1 Misure di cedimento (capisaldi topografici, staffe livellometriche, mire ottiche)

Luogo di Installazione	Descrizione	Frequenza letture
Lettura di "0" dopo l'installazione, N°2 lett./mese 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	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	Tipo ammasso C (fino ad una distanza dal fronte di 10m) 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.	1lett./gg. 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.		

12.20.2 Misure piezometriche

Luogo di Installazione	Descrizione	Frequenza letture
Letture di "0" dopo l'installazione, N°2 lett./mese fino ad inizio lavori.		
Gallerie Naturali	-5 Φ < distanza dal Fronte di scavo < -2 Φ	1-2lett./sett.
	-2 Φ < distanza dal Fronte di scavo < +2 Φ	1-2lett./gg.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	+2 Φ < distanza dal Fronte di scavo <+5 Φ Distanza dal Fronte di scavo > +5 Φ fino a stabilizzazione misure. Per 3mesi di tempo successivi al superamento della sez. strumentata	1-2lett./sett. 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.		

12.20.3 Misure assestometriche ed inclinometriche

Luogo di Installazione	Descrizione	Frequenza letture
Lettura di "0" dopo l'installazione, N°2 lett./mese fino ad inizio lavori.		
Gallerie Naturali	-5 Φ < distanza dal Fronte di scavo < -2 Φ -2 Φ < distanza dal Fronte di scavo <+2 Φ	1-2lett./sett. 1-2lett./gg.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	+2 Φ < distanza dal Fronte di scavo <+5 Φ Distanza dal Fronte di scavo > +5 Φ fino a stabilizzazione misure. Per 3mesi di tempo successivi al superamento della sez. strumentata	1-2lett./sett. 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.		

12.20.4 Misure estrusometro

Luogo di Installazione	Descrizione	Frequenza letture
Letture 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.20.5 Misure stato tensionale (Riv. 1°-2° fase, Pali, diaframmi)

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.		

12.20.6 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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.
--	---

12.20.7 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.		

12.20.8 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12.20.9 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.		

12.21 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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.

12.22 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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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 FERROVIARIA – Relazione tecnica generale		<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<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.

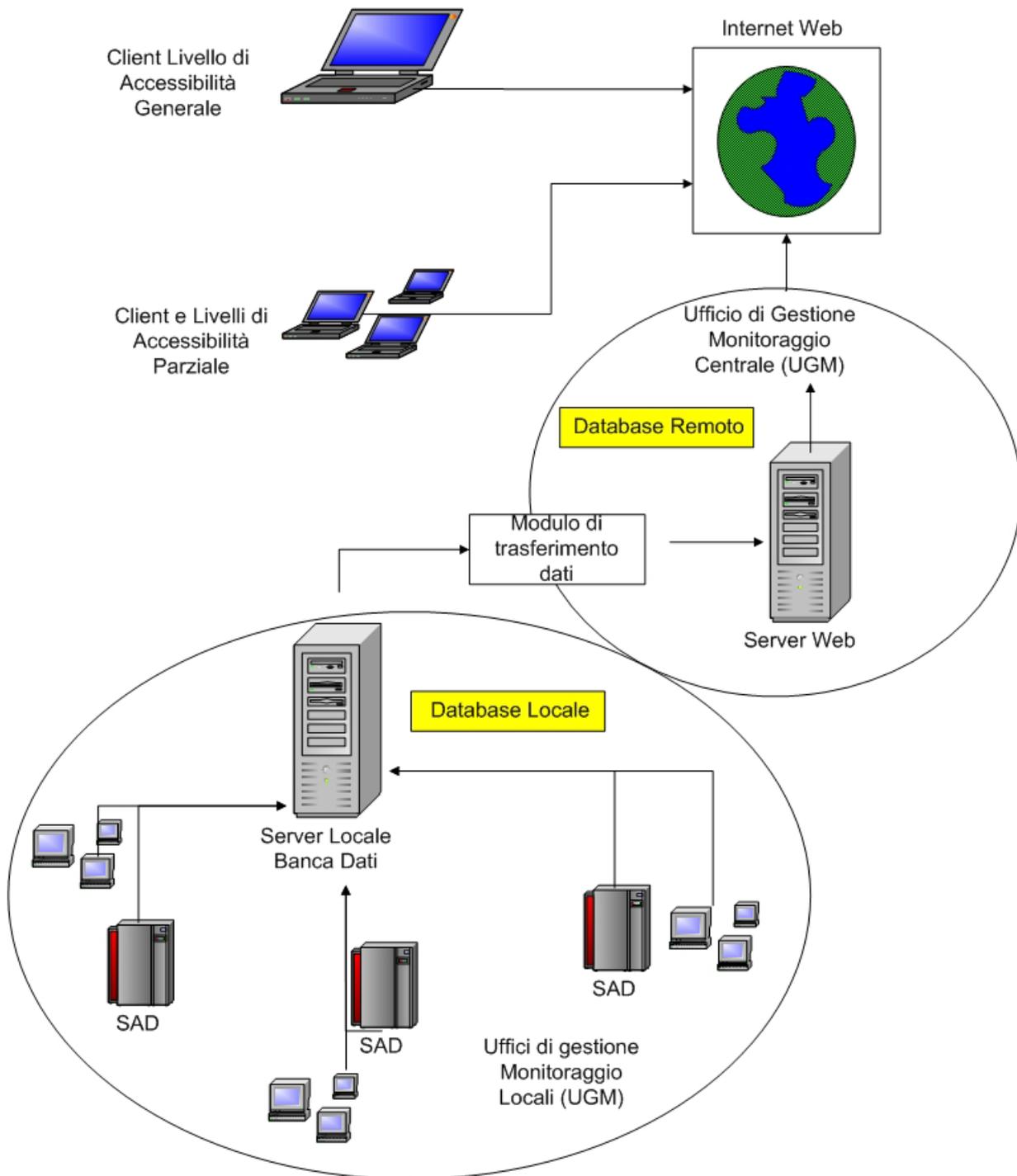
Il livello d'ingresso generale, consentito esclusivamente al concedente (committente), permetterà di avere a disposizione l'intera panoramica dei parametri di monitoraggio connessi alle fasi costruttive di tutte le macro-opere del Ponte in senso stretto e di tutti i suoi collegamenti stradali e ferroviari.

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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale	<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

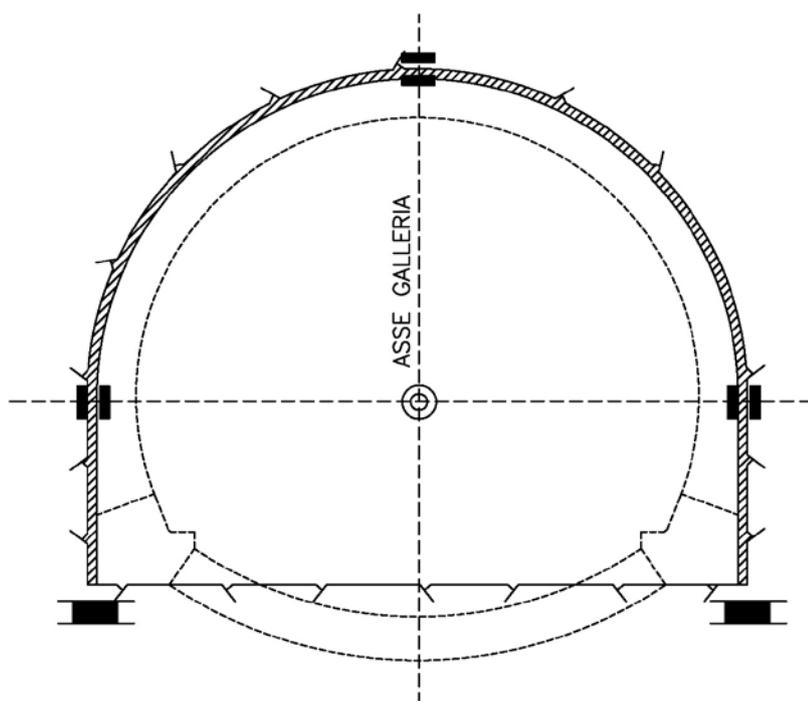
Architettura Generale del Sistema Informativo



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
COLLEGAMENTI CALABRIA – PARTE GENERALE FERROVIARIA – Relazione tecnica generale	<i>Codice documento</i> CF0063_F_ERROR FILE.doc.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

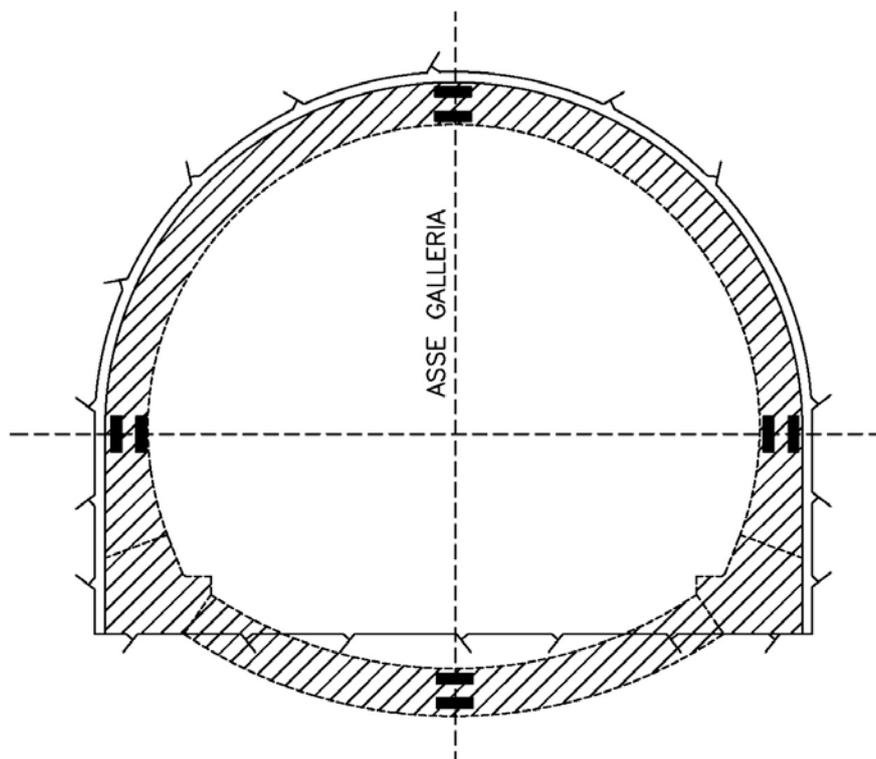
12.23 APPENDICE 2 – Allegati

Scavo in tradizionale monitoraggio interno
 rivestimento di 1° fase (provvisorio)
 Sistema di misura stato tensionale
 Estrusione al fronte



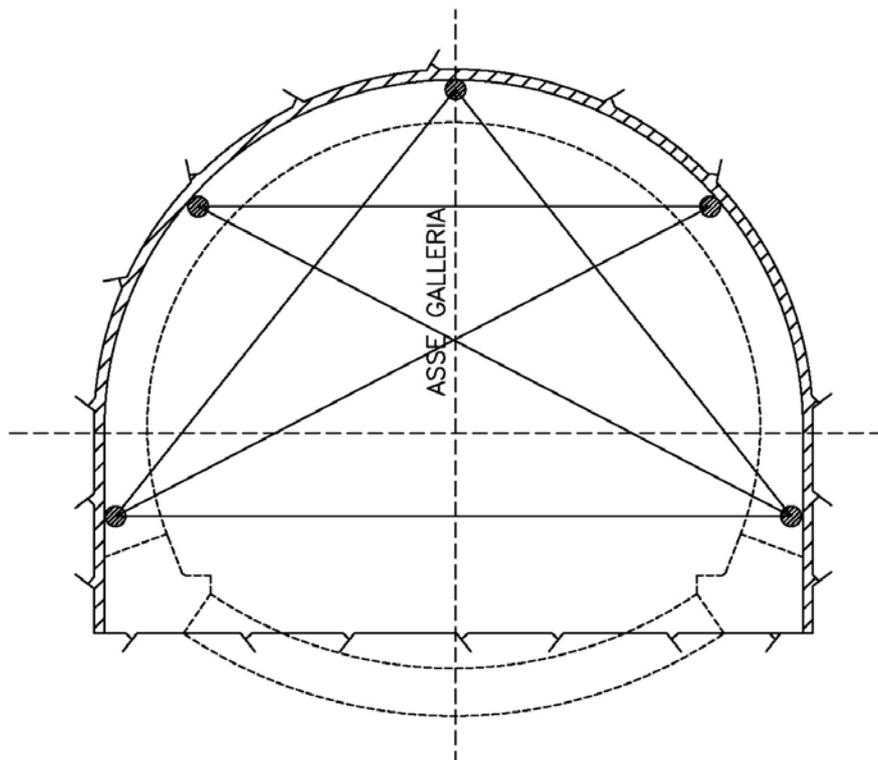
	Punto di misura estrusione al fronte
	Cella di carico a piede centina
	Coppia di barrette estensimetriche

Scavo in tradizionale monitoraggio interno
Sistema di misura stato tensionale
nel rivestimento di 2° fase (definitivo)

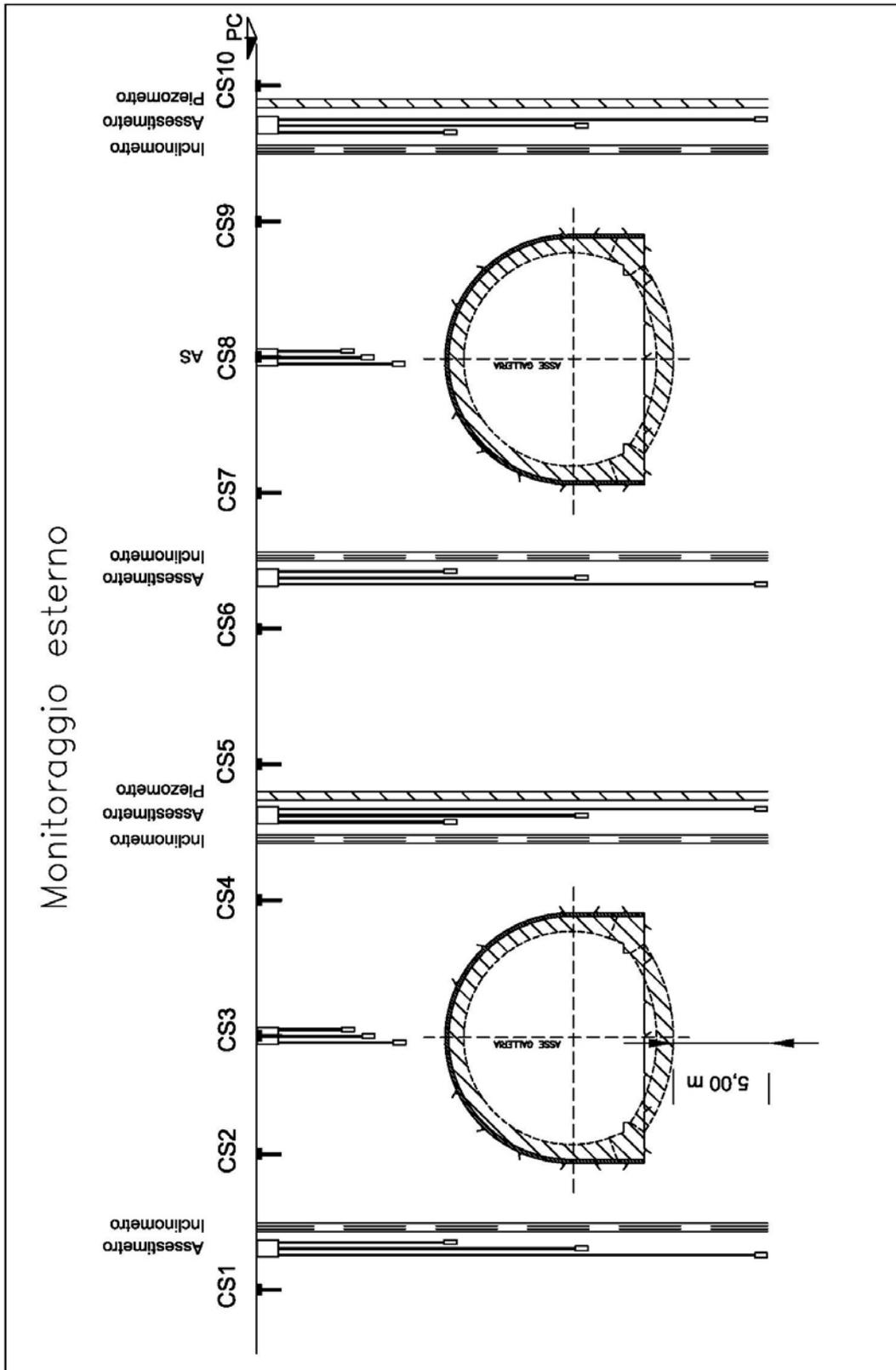


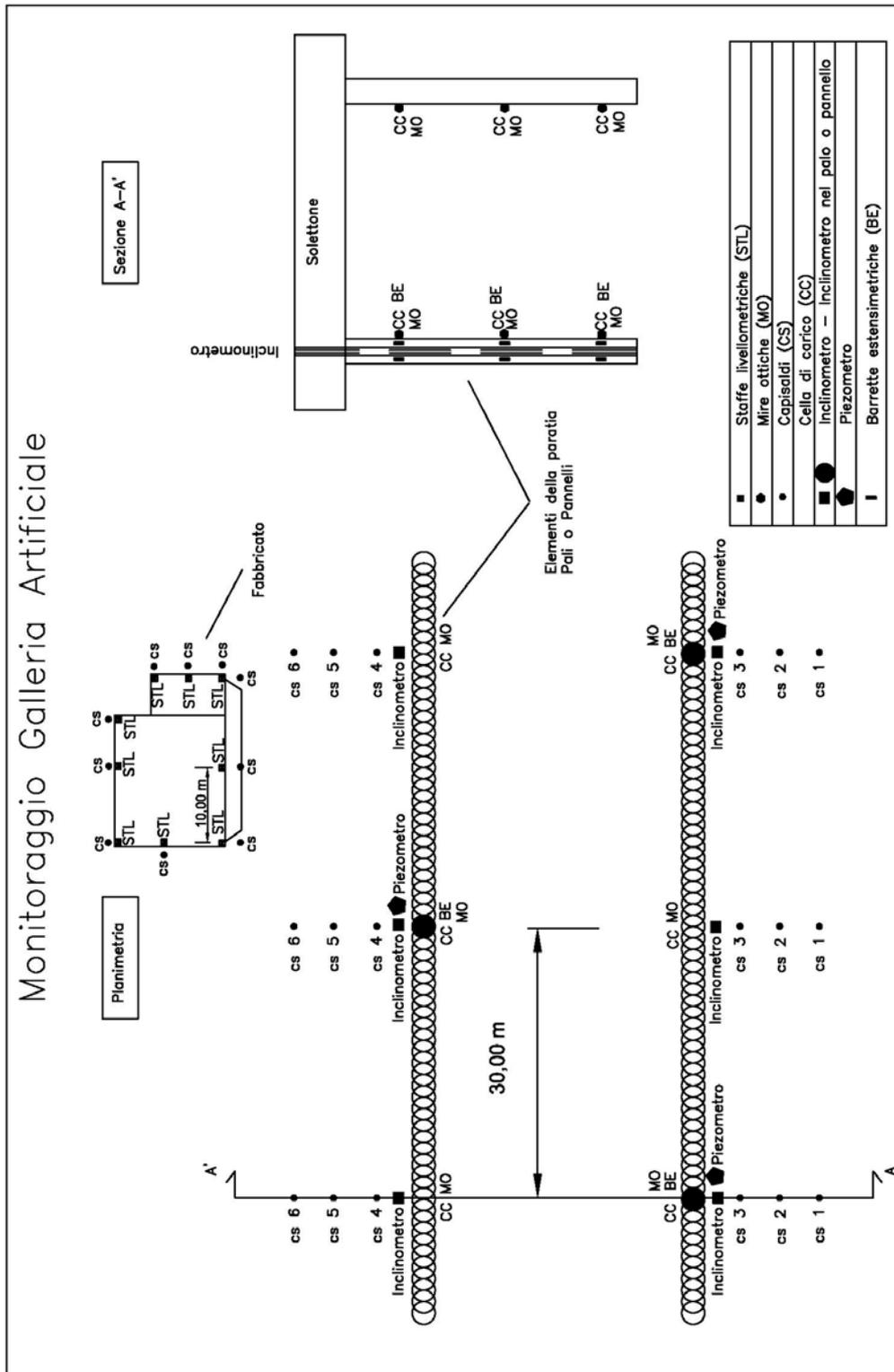
 Coppia di barrette estensimetriche

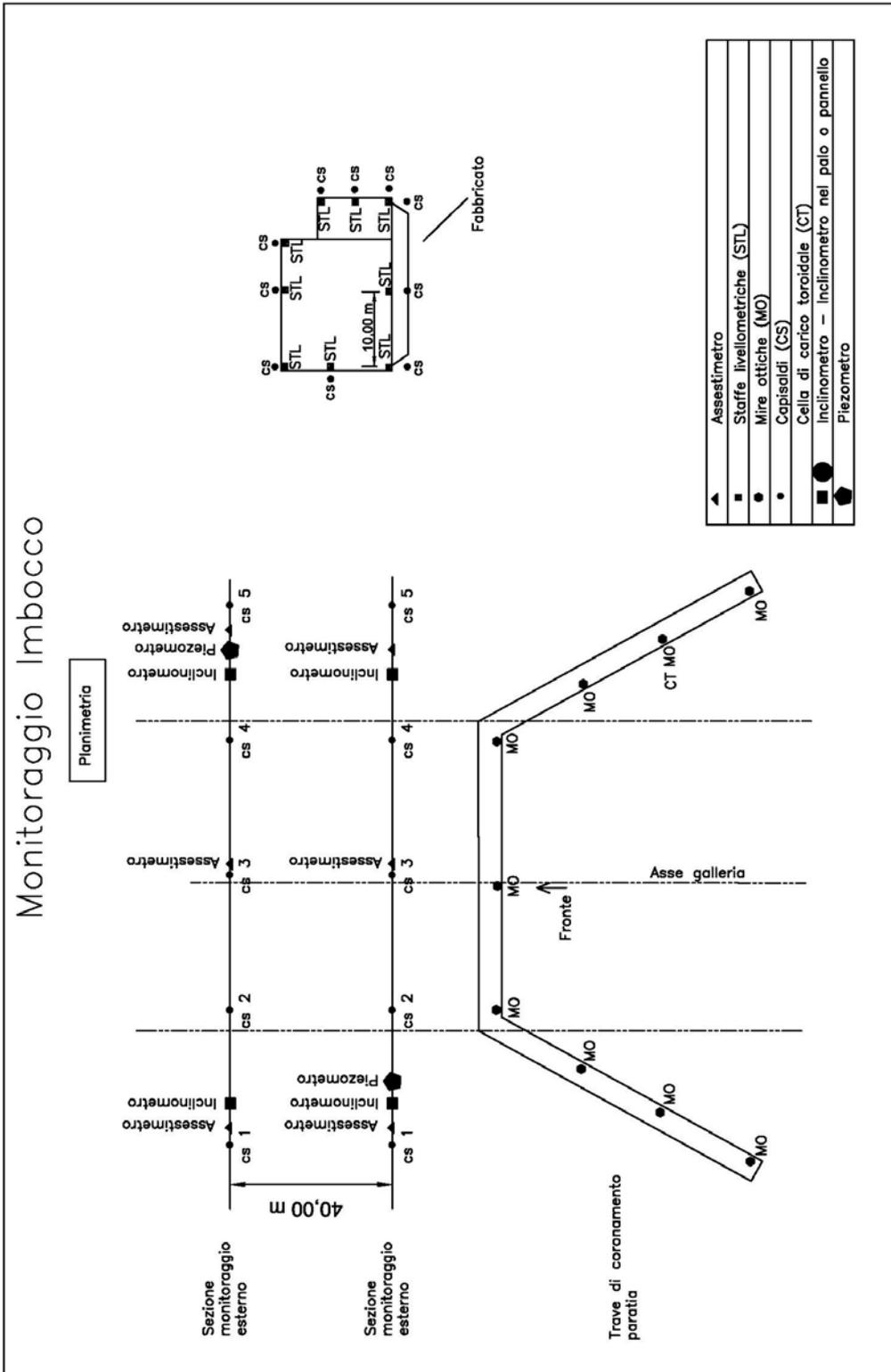
Scavo in tradizionale
Disposizione punti di misura
per convergenze



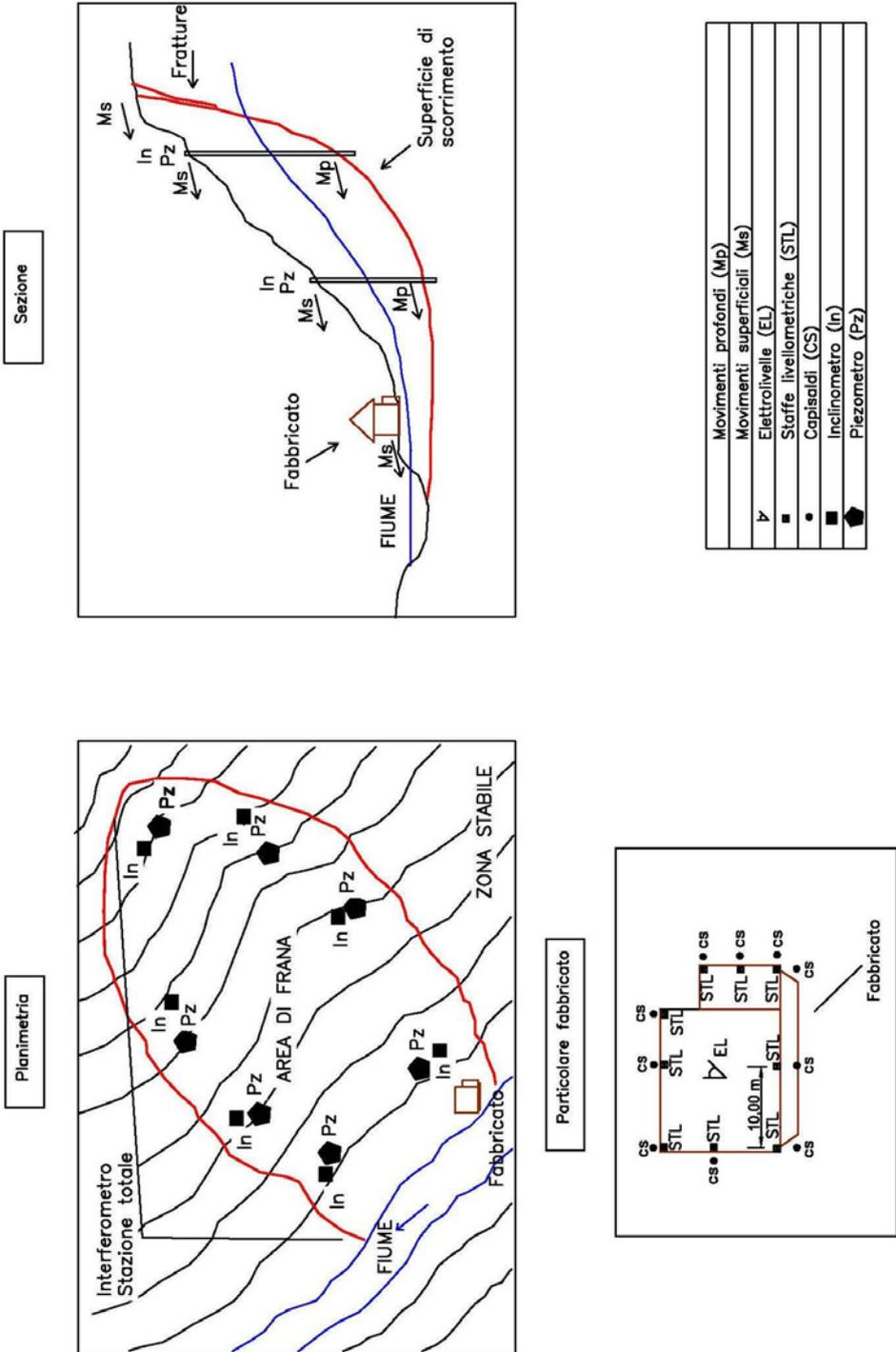
● Punto di misura per convergenze







Monitoraggio Aree Instabili



FASE DI VERIFICA
IN CORSO D'OPERA

RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE

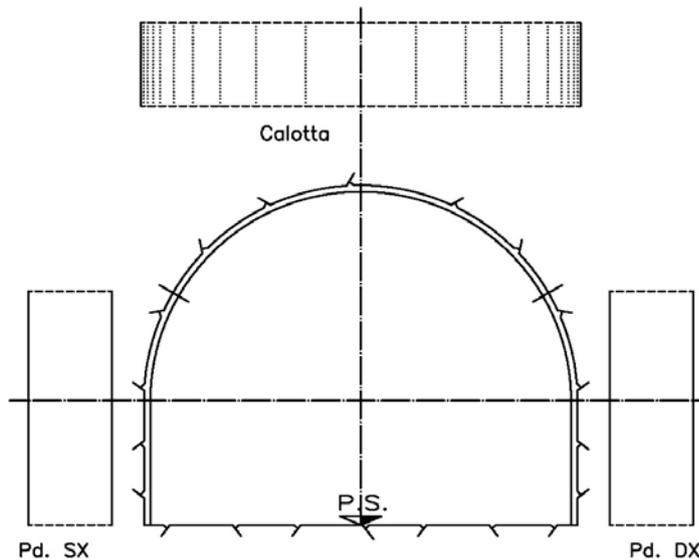
GALLERIA:
Imbocco:

Progr. Ass.:
Sez. applicata:

RILIEVO GEO-STRUTTURALE

RILIEVO PITTORICO DEL FRONTE

CARATTERISTICHE ROCCIA	COND.	COMPATTA	
		POCO FRATTURATA	
		FRATTURATA	
	STATO	SANA	
		POCO ALTERATA	
		ALTERATA	
	ASSETTO	NESSUNO	
		STRATIFICAZIONE	
		SCISTOSITA'	
		CLIVAGGIO	
CARATTERISTICHE DISCONTINUITA'	TIPO	FAGLIA	
		FRATTURA	
	LOCALIZZ.	PIEDRITTO SX	
		PIEDRITTO DX	
		ENTRAMEI	
	ANDAM.	ANDAMENTO IPOTETICO	
	INCLINAZ.	INCLINAZIONE (°)	
	DIREZIONE	DIREZIONE (°)	
	APERT.	APERTA	
	CHIUSA	CHIUSA	
RIMP.	PROGETT.	SPESORE (cm)	
		PROGETTO (cm)	
	CEMENTATO	CEMENTATO	
	PLASTICO	PLASTICO	
	SCIOLTO	SCIOLTO	
	JRC	JRC	
	JCS	JCS (Mpa)	
	ASSENTE	ASSENTE	
	ACQUA	STILLICIDIO	
		Q < 1L/sec	
	Q > 1L/sec		
DISTACCHI	ASSENTI	ASSENTI	
	PIEDRITTO SX	PIEDRITTO SX	
	PIEDRITTO DX	PIEDRITTO DX	
	CALOTTA	CALOTTA	
	V < 0.6mc	V < 0.6mc	
	0.6mc < V < 1.0mc	0.6mc < V < 1.0mc	
V > 1.0mc	V > 1.0mc		
OSSERVAZIONI	ASSENTI	ASSENTI	
	RETE ELETTRISALDATA	RETE ELETTRISALDATA	
	CENTINE	CENTINE	
	SPRITZ-BETON	SPRITZ-BETON	
	CHIODI SX	CHIODI SX	
	CHIODI DX	CHIODI DX	
	CHIODI CALOTTA	CHIODI CALOTTA	
	VTR FRONTE (N°)	VTR FRONTE (N°)	
	VTR CONTORNO (N°)	VTR CONTORNO (N°)	
	PRETAGLIO (sp. cm)	PRETAGLIO (sp. cm)	
J.G. CONTORNO	J.G. CONTORNO		
J.G. FRONTE	J.G. FRONTE		
INFILAGGI	INFILAGGI		
DRENAGGI (N°)	DRENAGGI (N°)		



LEGENDA GEOLOGICA:

<input type="checkbox"/>

DESCRIZIONE:

.....

F. ___/___

