



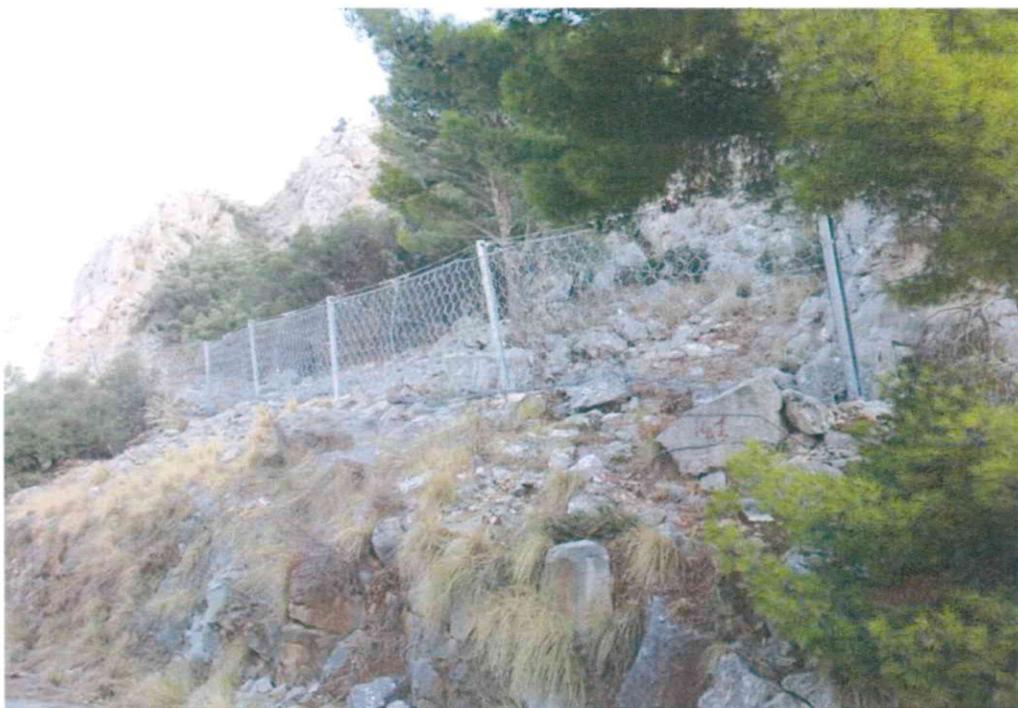
# Comune di Palermo

Area Tecnica della Riqualficazione Urbana e delle Infrastrutture

Ufficio Infrastrutture

U.O. Infrastrutture per la viabilità e consolidamento delle pareti rocciose

## ACCORDO QUADRO PER LA MANUTENZIONE DEGLI INTERVENTI DI SALVAGUARDIA DI PARETI ROC-CIOSE ESISTENTI NEL TERRITORIO COMUNALE



**Il Gruppo di Progettazione:**

*Esp. Geom. Luigi D'Agostino*  
*Ing. Filippo Carcara*

**Il Responsabile della U.O.**

*Ing. Massimo Verga*

**Ufficio del R.U.P.:**

*Ing. Giuseppe Riccio (R.U.P.)*

*Ing. Antonio Dino (supporto al R.U.P.)*

*Istr. Geom. Erasmo Midolo (supporto al R.U.P.)*

**Il Dirigente**

*Ing. Concetto Di Mauro*

**R.4b CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO  
PARTE SECONDA**

Dicembre 2015



## INDICE CAPITOLATO SPECIALE ACCORDO QUADRO – PARTE SECONDA

### PARTE XI - PRESCRIZIONI TECNICHE

#### Parte XI.I - QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI ..... 2

Art. 47 - PREMessa.....2

Art. 48 - QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI .....2

#### Parte XI.II - NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI ..... 8

Art. 49 - LAVORI PRELIMINARI.....8

Art. 50 - SCAVI IN GENERE .....8

Art. 51 - SCAVI DI SBANCAMENTO .....8

Art. 52 - SCAVI DI FONDAZIONE .....9

Art. 53 - RINTERRI.....9

Art. 54 - MALTE E CONGLOMERATI.....10

#### INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DI PARETI ROCCIOSE

Art. 55 - OPERE DI CONSOLIDAMENTO.....12

Art. 56 - ANCORAGGI .....14

Art. 57 - INIEZIONI .....22

Art. 58 - PANNELLI DI RETE RINFORZATA CON FUNI .....25

Art. 59 - PANNELLI DI FUNI DI ACCIAIO .....26

Art. 60 - ISPEZIONE DELLA PARETE ROCCIOSA .....26

Art. 61 - DISGAGGIO E FRANTUMAZIONE DI ELEMENTI LAPIDEI DI PICCOLE DIMENSIONI .....  
CON MEZZI MECCANICI .....26

Art. 62 - DISGREGAZIONI DI ELEMENTI LAPIDEI CON ESPANSIVI CHIMICI .....27

Art. 63 - SIGILLATURA DI SUPERFICI DI DISCONTINUITA' DELLA PARETE ROCCIOSA.....27

Art. 64 - BARRIERA PARAMASSI .....28

Art. 65 - SOTTOMURAZIONI IN C.A. ....29

Art. 66 - RINFORZO DI SCARPATE ROCCIOSE .....30

#### INTERVENTI DI MANUTENZIONE DELLE OPERE DI DIFESA ATTIVA E PASSIVA DALLA CADUTA MASSI

Art. 67 - ELENCO DEI CORPI D'OPERA .....38

Art. 68 - BARRIERE PARAMASSI .....38

Art. 69 - PANNELLI DI RETE A DOPPIA TORSIONE E DI FUNI DI ACCIAIO .....38

Art. 70 - FUNI DI IMBRACATURA .....39

Art. 71 - TIRANTI.....39

Art. 72 - SOTTOMURAZIONI IN C.A. ....40

Art. 73 - DISMISSIONE DI BARRIERE DIVELTE .....40

Art. 74 -GEOCOMPOSITI DI RINFORZO DI SCARPATE ROCCIOSE.....40

#### Parte XI.III - NORME PER LA MISURAZIONE DEI LAVORI

Art. 75 - LAVORI IN ECONOMIA .....41

Art. 76 - NORME GENERALI PER LE FORNITURE DI MATERIALI .....41

Art. 77- NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI .....41

Art. 77.A - LAVORI .....41

Art. 77.B - OPERE DI MANUTENZIONE .....43

## **- PARTE XI – PRESCRIZIONI TECNICHE**

### **Parte XI.I - QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

**- Art. 47 -**

#### **PREMESSA**

Tutti i materiali devono essere della migliore qualità, rispondenti alle norme del D.P.R. n° 246 del aprile 1993 (Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE) sui prodotti da costruzione e corrispondere a quanto stabilito nel presente capitolato speciale; ove esso non preveda espressamente le caratteristiche per l'accettazione dei materiali a piè d'opera, o per le modalità di esecuzione delle lavorazioni, si stabilisce che, in caso di controversia, saranno osservate le norme U.N.I., le norme C.E.I., le norme C.N.R., le quali devono intendersi come requisiti minimi.

La migliore qualità, deve essere riferita a quanto stabilito dal **Nuovo Regolamento EU 305/11** ove i **"requisiti essenziali"** non sono più riferiti alle opere ma ai prodotti;

Definizione del requisito: "Le opere da costruzione devono essere concepite, realizzate e demolite in modo che l'uso delle risorse naturali sia sostenibile e garantisca in particolare quanto segue: a) il riutilizzo o la riciclabilità delle opere da costruzione, dei loro materiali e delle loro parti dopo la demolizione; b) la durabilità delle opere da costruzione; c) l'uso, nelle opere da costruzione, di materie prime e secondarie ecologicamente compatibili";

- i prodotti devono essere conformi secondo la **"Valutazione Europea"**;
- i prodotti debbono essere corredati dalla **Dichiarazione di Prestazione (DoP)**;
- la DoP deve essere redatta dal fabbricante secondo uno schema tipologico;

La Direzione lavori ha la facoltà di richiedere la presentazione del campionario di quei materiali che riterrà opportuno e che l'Esecutore intende impiegare, prima che essi vengano approvvigionati in cantiere.

Inoltre sarà facoltà dell'Amministrazione appaltante chiedere all'Esecutore di presentare in forma dettagliata e completa tutte le informazioni utili per stabilire la composizione e le caratteristiche dei singoli elementi componenti le miscele come le paste di cemento, i conglomerati in calcestruzzo, ovvero tutti i presupposti e le operazioni necessarie per l'elaborazione progettuale delle diverse paste, malte e conglomerati che l'Impresa ha intenzione di mettere in opera per l'esecuzione dei lavori.

In ogni caso i materiali tutti, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei lavori.

Quando la Direzione dei lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese dell'Impresa stessa.

Le opere verranno eseguite secondo un programma dei lavori presentato e disposto dall'Esecutore, previa accettazione dell'Amministrazione appaltante, o in base alle disposizioni che verranno ordinate di volta in volta dalla Direzione dei lavori.

Resta invece di esclusiva competenza dell'Impresa la loro organizzazione per aumentare il rendimento della produzione lavorativa.

Rimane comunque espressamente stabilito che le lavorazioni di pulizia e decespugliamento e di posa in opera di barriere paramassi dovranno precedere tutte le altre lavorazioni previste in progetto a meno di specifiche e motivate autorizzazioni del Direttore dei Lavori e su conforme parere del Responsabile per la Sicurezza.

Tutte le seguenti prescrizioni tecniche valgono salvo diversa o ulteriore indicazione più restrittiva espressa nell'elenco prezzi di ogni singola lavorazione, oppure riportate sugli altri elaborati progettuali.

**- Art. 48 -**

#### **QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

##### **1) CONDIZIONI GENERALI DI ACCETTAZIONE**

I materiali da impiegare per i lavori previsti nel presente appalto dovranno corrispondere come caratteristiche a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia.

In particolare, secondo quanto previsto nel D.M. 14 gennaio 2008 (cap. 11), i materiali ed i prodotti per

uso strutturale, utilizzati nelle opere soggette alle presenti norme, devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito.

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- *identificati* univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili;
- *qualificati* sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili;
- *accettati* dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

In particolare, per quanto attiene l'identificazione e la qualificazione, possono configurarsi i seguenti casi:

- A) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE. Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se in possesso della marcatura CE, prevista dalla Direttiva 89/106/CEE "Prodotti da costruzione" (CPD), recepita in Italia dal DPR 21/04/1993, n. 246, così come modificato dal DPR 10/12/1997, n. 499;
- B) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE. Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se in possesso della marcatura CE, secondo il **nuovo Regolamento europeo 305/2011** in vigore dal 1 luglio 2013 ;
- C) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma armonizzata ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle presenti norme. E' fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il produttore abbia volontariamente optato per la Marcatura CE;
- D) materiali e prodotti per uso strutturale innovativi o comunque non citati nel presente capitolo e non ricadenti in una delle tipologie A) o B). In tali casi il produttore potrà pervenire alla Marcatura CE in conformità a Benestare Tecnici Europei (ETA), ovvero, in alternativa, dovrà essere in possesso di un Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Ad eccezione di quelli in possesso di Marcatura CE, possono essere impiegati materiali o prodotti conformi ad altre specifiche tecniche qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nelle presenti norme. Tale equivalente sarà accertata attraverso procedure all'uopo stabilite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sentito lo stesso Consiglio Superiore.

Per i materiali e prodotti recanti la Marcatura CE sarà onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere ad ogni fornitore, per ogni diverso prodotto, il Certificato ovvero Dichiarazione di Conformità alla parte armonizzata della specifica norma europea ovvero allo specifico Benestare Tecnico Europeo, per quanto applicabile. Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori verificare che tali prodotti rientrino nelle tipologie, classi e/o famiglie previsti nella detta documentazione.

Per i prodotti non recanti la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B) o del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C) rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici potrà attivare un sistema di vigilanza presso i cantieri e i luoghi di lavorazione per verificare la corretta applicazione delle presenti disposizioni, ai sensi dell'art. 11 del DPR n. 246/93.

Le prove su materiali e prodotti, a seconda delle specifiche procedure applicabili, come specificato di volta in volta nel seguito, devono generalmente essere effettuate da:

- a) laboratori di prova notificati ai sensi dell'art. 18 della Direttiva n. 89/106/CEE;
- b) laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 3830/2001;
- c) altri laboratori, dotati di adeguata competenza ed idonee attrezzature, appositamente abilitati dal Servizio Tecnico Centrale.

Qualora si applichino specifiche tecniche europee armonizzate, ai fini della marcatura CE, le attività di certificazione, ispezione e prova dovranno essere eseguite dai soggetti previsti nel relativo sistema di attestazione della conformità.

I produttori di materiali, prodotti o componenti disciplinati nella presente norma devono dotarsi di adeguate procedure di controllo di produzione in fabbrica. Per controllo di produzione nella fabbrica si intende il controllo permanente della produzione, effettuato dal fabbricante. Tutte le procedure e le disposizioni adottate dal fabbricante devono essere documentate sistematicamente ad essere a disposizione di qualsiasi soggetto od ente di controllo che ne abbia titolo.

Il richiamo alle specifiche tecniche europee EN armonizzate, di cui alla Dir. 89/106/CEE ed al DPR 246/93, contenuto nella presente norma deve intendersi riferito all'ultima versione aggiornata, salvo diversamente specificato. Il richiamo alle specifiche tecniche volontarie EN, UNI e ISO contenute nella presente norma deve intendersi riferito alla data di pubblicazione se indicata, ovvero, laddove non indicata, all'ultima versione aggiornata.

Qualora si applichino specifiche tecniche europee armonizzate, ai fini della marcatura CE, le attività di certificazione, ispezione e prova dovranno essere eseguite dai soggetti previsti nel relativo sistema di attestazione della **Dichiarazione di Prestazione**

I produttori di materiali, prodotti o componenti disciplinati nella presente norma devono dotarsi di adeguate procedure di controllo di produzione in fabbrica. Per controllo di produzione nella fabbrica si intende il controllo permanente della produzione, effettuato dal fabbricante. Tutte le procedure e le disposizioni adottate dal fabbricante devono essere documentate sistematicamente ad essere a disposizione di qualsiasi soggetto od ente di controllo che ne abbia titolo.

Il richiamo alle specifiche tecniche europee EN armonizzate, di cui al **Nuovo Regolamento EU 305/11**, contenuto nella presente norma deve intendersi riferito all'ultima versione aggiornata, salvo diversamente specificato. Il richiamo alle specifiche tecniche volontarie EN, UNI e ISO contenute nella presente norma deve intendersi riferito alla data di pubblicazione se indicata, ovvero, laddove non indicata, all'ultima versione aggiornata.

L'Esecutore sarà tenuto a dare tempestivo avviso dell'arrivo in officina dei materiali approvvigionati di modo che, prima che ne venga iniziata la lavorazione, la Direzione dei lavori possa disporre il prelievo dei campioni da sottoporre alle prescritte prove di qualità ed a "test" di resistenza.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei lavori.

I materiali proverranno da località o fabbriche che l'Esecutore riterrà di sua convenienza, purché abbiano i requisiti indicati nelle norme per l'esecuzione dei lavori e siano state conseguentemente autorizzate.

Qualora la Direzione dei lavori rifiuti una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Esecutore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche richieste.

Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione Lavori, l'Impresa resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

L'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati e da impiegare, sottostando a tutte le spese per il prelievo, la formazione e l'invio di campioni agli Istituti indicati dalla stazione appaltante.

Per le spese relative alle prove ed esami valgono le disposizioni dell'art. 15, commi 7 e 8 del Capitolato Generale d'Appalto. rispettivamente relative alle verifiche tecniche obbligatorie (comma 7°) ed alle ulteriori prove richieste perché ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti. (comma 8°).

Le diverse prove ed esami sui campioni verranno effettuate presso laboratori ufficiali; la Direzione Lavori potrà, a suo giudizio, autorizzare l'esecuzione delle prove presso altri laboratori di sua fiducia.

## 2) CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Con riferimento a quanto stabilito nelle condizioni generali di accettazione, i materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti di seguito fissati. La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro, o tra diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatta di volta in volta, in base al giudizio della Direzione Lavori, la quale, per i materiali da acquistare, si assicurerà che provengano da produttori di provata capacità e serietà.

### a) Acqua

Dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui l'acqua medesima è destinata e rispondere ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 1086 del 5/11/1971 (D.M. 1/4/1983 e s.m.i.);

### b) Leganti idraulici - Calci aeree - Pozzolane

Dovranno corrispondere alle prescrizioni:

- della Legge 26/5/1965 n° 595;
- delle "Norme sui requisiti di accettazione modalità di prova dei leganti idraulici" D.M. 14/1/1966 modificato con D.M. 3/6/1968 e D.M. 31/8/1972;
- delle "Norme per l'accettazione dei calci aeree" R.D. 16/11/1939 n° 2231;
- delle "Norme per l'accettazione delle pozzolane e dei materiali a comportamento pozzolanico", R.D. 16/11/1939 n° 223;
- di altre eventuali successive norme che dovessero essere emanate dai competenti organi.

I materiali dovranno trovarsi, al momento dell'uso, in perfetto stato di conservazione.

Il loro impiego nella preparazione di malte e calcestruzzi dovrà avvenire con l'osservanza delle migliori

regole d'arte.

Durante il corso della fornitura dei leganti, l'Impresa dovrà a sua cura e spesa far eseguire periodicamente, da laboratori ufficiali o da altri laboratori di fiducia della Direzione dei lavori, prove sui leganti stessi, fornendo copia dei relativi certificati alla Direzione dei lavori.

c) Ghiaie - Ghiaietti - Pietrischi - Pietrischetti - Sabbie

Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge n° 1086 del 5/11/1971 (D.M. 1/4/1983 e s.m.i.).

Le dimensioni massime degli inerti costituenti la miscela dovranno essere le maggiori fra quelle previste come compatibili per la struttura a cui il calcestruzzo è destinato; di norma però non si dovrà superare il diametro massimo di cm 5 se si tratta di lavori correnti di fondazione e di elevazione, muri di sostegno, piedritti, rivestimenti di parete o simili; di cm 4 se si tratta di getti per volti; di cm 3 se si tratta di cementi armati; di cm 2 se si tratta di cappe o di getti di spessore limitato.

d) Materiali ferrosi

Saranno esenti da saldature e da qualsiasi altro difetto.

- Acciai per tiranti: dovranno soddisfare i requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5/11/1971 n° 1086 (D.M. 1/4/1983 e successivi aggiornamenti).
- Barre per ancoraggio: saranno in acciaio FeB44k, del tipo ad aderenza migliorata, e dovranno soddisfare i requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5/11/1971 n° 1086 (D.M. 1/04/1983 e s.m.i.).
- Acciaio per chiodature: saranno in acciaio, ad aderenza migliorata del tipo FEB44k, e dovranno soddisfare i requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5/11/1971 n° 1086 (D.M. 1/4/1983 e s.m.i.);
- Funi di ancoraggio: saranno in trefoli di acciaio ad anima metallica e dovranno essere rispondenti alla normativa DIN prevista in progetto; dovranno essere costituite di fili di classe di resistenza non inferiore a 1960 KN/mm<sup>2</sup>; le funi spirroidali degli ancoraggi saranno del tipo fortemente zincate secondo la normativa DIN 2078 (minimo 230 gr/m<sup>2</sup>);

Le funi vengono certificate mediante un "ATTESTATO DI GARANZIA" in accordo al **DPR 459** del 24 Luglio 1996 ed alla **DIRETTIVA MACCHINE 89/392, 91/391, 93/44 e 93/68**. Su ogni fune viene applicato il codice di rintracciabilità mediante un tubetto in **PVC** termoretraibile contenente tutti i dati necessari all'identificazione della stessa.

Principali definizioni:

Filo: elemento principale alla base della composizione della fune d'acciaio ricavato mediante trafilatura dalla vergella.

Trefolo: insieme di più fili disposti ad elica intorno ad un'anima centrale costituita da un filo metallico.

Fune: insieme di trefoli avvolti intorno ad un'anima tessile o metallica mediante cordatura; la preformazione precede tale operazione conferendo forma elicoidale alla fune. La preformazione mantiene insieme i fili della fune dopo il taglio e migliora la resistenza a fatica, facilita la lavorazione e contribuisce a far rimanere in posizione corretta i fili anche dopo una rottura di alcuni di essi. In alcuni casi speciali è previsto un inserto plastico di compensazione, applicato tra l'anima metallica e i trefoli esterni della fune.

Senso di avvolgimento:

Il senso di avvolgimento secondo ISO 2408 è riferito:

A) ai fili esterni rispetto ai trefoli (o funi spirroidali)

B) ai trefoli rispetto alla fune .

Il senso di avvolgimento può essere destro (**Z**) perché i fili vanno a destra comunque si guardi il trefolo, mentre oppure sinistro (**S**) perché i fili sono diretti a sinistra comunque si guardi il trefolo.

Nelle funi a trefoli bisogna indicare con una lettera minuscola il senso di trefolatura dei fili rispetto ai trefoli esterni e con una lettera maiuscola il senso di cordatura dei trefoli esterni rispetto alla fune.

Diametro:

Il diametro normale della fune e il diametro del cerchio circoscritto alla sezione normale della fune misurato come indicato a fianco. La misura si effettua in due punti distanti almeno un metro l'uno dall'altro e considerando in ciascun punto due valori, uno a 90° rispetto all'altro. La media dei quattro valori si assume come diametro effettivo. La misurazione va fatta su un tratto di fune rettilineo e non sottoposto a trazione.

**Formazione**

Definisce la composizione della fune ed in essa si indica in successione:

1) il numero dei trefoli che compongono la fune, 2) il numero dei fili che compongono ciascun strato dei trefoli, 3) la composizione dell'anima.

Esempi

A) 6 x (12 + 6 + 1) + FC indica una fune a 6 trefoli di 19 fili l'uno ed anima tessile (FC)

B) 6 x (14 + (7 + 7) + 7 + 1) + IWRC indica una fune a 6 trefoli di 36 fili l'uno ed anima metallica (IWRC)

**Efficienza degli attacchi**

Generalmente le funi sono dotate alle estremità di opportuni attacchi per il collegamento ai carichi da sollevare o per l'ancoraggio alla struttura delle gru, autogru, ecc.

Questi punti sono considerati fondamentali per la sicurezza e l'efficienza di tutto il sistema e vanno controllati frequentemente.

Si definisce grado di efficienza  $\xi$  dell'attacco il rapporto tra la forza effettiva di rottura dell'attacco  $R_{eff}$  e la

forza di rottura della fune R.

La relazione matematica è la seguente:

$$\xi = R_{eff} / R \text{ oppure } R_{eff} = \xi \times R$$

essendo  $R_{eff}$  ed R espresse in daN.

saranno in trefoli di acciaio ad anima tessile e dovranno essere rispondenti alla normativa DIN prevista in progetto; dovranno essere costituite di fili di classe di resistenza non inferiore a 1770 KN/mm<sup>2</sup>; le funi spirodali degli ancoraggi saranno del tipo fortemente zincate secondo la normativa DIN 2078 (minimo 230 gr/mq).

- Morsetteria: dovrà essere conforme alla requisiti richiesti dalle **UNI ISO 7531 - UNI ISO 8793 - UNI ISO 8794 - DIN 741**.

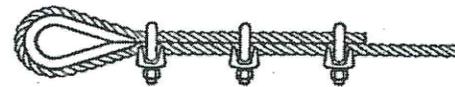
Per ottenere la tenuta migliore i morsetti dovranno essere posizionati nel modo corretto. L'errato montaggio può diminuire l'efficienza dell'attacco del 60% rispetto al carico di rottura della fune. (vedi schema di montaggio allegato a fianco)

Usare un minimo di tre morsetti per ogni asola e posizionarli ad una distanza tra loro pari a 6/8 volte il diametro della fune.

Per ottenere la migliore efficienza utilizzando i morsetti si raccomanda di:

1. Posizionare i morsetti come in figura, poiché negli altri casi l'efficienza dell'attacco diminuisce rispetto al carico di rottura della fune del 60%.
2. Montare i morsetti ad una distanza tra loro pari a 6/8 volte il diametro della fune e verificarne il corretto serraggio.
3. montare un numero di morsetti non inferiore a quello sotto elencato:
  - per funi dal diam. 2 al diam. 6 = pz.3.
  - per funi dal diam. 7 al diam.18 = pz.4.
  - per funi dal diam. 19 al diam.26 = pz.5.
  - per funi dal diam. 28 al diam.38 = pz.6.

Per funi dal diam. 40 al diam. 50 = pz.7/8.



ESATTO



ERRATO



ERRATO

Le unioni dei vari elementi componenti le strutture od i manufatti dovranno essere realizzate conformemente alle prescrizioni di progetto ed in particolare le unioni saldate potranno essere eseguite mediante procedimenti di saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti o con procedimenti automatici ad arco sommerso o sotto gas protettivo o con altri procedimenti previamente approvati dalla Direzione dei lavori. In ogni caso i procedimenti dovranno essere tali da permettere di ottenere dei giunti di buon aspetto esteriore, praticamente esenti da difetti fisici nella zona fusa ed aventi almeno resistenza a trazione, su provette ricavate trasversalmente al giunto, non minore di quella del metallo base.

La preparazione dei lembi da saldare sarà effettuata mediante macchina utensile, smerigliatrice od ossitaglio automatico, e dovrà risultare regolare e ben liscia; i lembi, al momento della saldatura, dovranno essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità. Per le saldature degli elementi strutturali in acciaio dovranno altresì essere rispettate le disposizioni di cui ai punti 2.4., 6.5. e 6.10.3. del D.M. 27 luglio 1985.

Sia in officina che in cantiere le saldature da effettuare con elettrodi rivestiti dovranno essere eseguite da saldatori che abbiano superato, per la relativa qualifica, le prove richieste dalla UNI 4634. Per le costruzioni tubolari si farà riferimento anche alla UNI 4633 per i giunti di testa.

Qualunque fosse il sistema di saldatura impiegato, a lavorazione ultimata la superficie delle saldature dovrà risultare sufficientemente liscia e regolare e ben raccordata con materiale di base. Tutti i lavori di saldatura dovranno essere eseguiti al riparo da pioggia, neve o vento, salvo l'uso di speciali precauzioni; saranno inoltre sospesi qualora la temperatura ambiente dovesse scendere sotto  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Per le strutture più complesse delle barriere e dei pannelli di rete a funi, se disposto dalla Direzione dei lavori, dovrà essere eseguito il montaggio provvisorio in officina; tale montaggio potrà anche essere eseguito in più riprese, purché siano sempre controllati tutti i collegamenti; del montaggio stesso si dovrà approfittare per eseguire le necessarie operazioni di marcatura.

Nel caso di strutture complesse costruite in serie sarà sufficiente il montaggio di prova del solo campione, purché il montaggio venga eseguito con procedimenti equivalenti a quelli che verranno utilizzati durante la posa in opera definitiva.

L'Esecutore sarà tenuto a notificare, a tempo debito, l'inizio del montaggio provvisorio in officina di manufatti e strutture, o relative parti, affinché la Direzione dei lavori possa farvi presenziare, se lo ritiene opportuno, i propri incaricati. I pezzi presentati all'accettazione provvisoria dovranno essere esenti da verniciatura. Quelli rifiutati saranno marcati con un segno apposito, chiaramente riconoscibile, dopo di che saranno subito allontanati dal cantiere.

Il controllo di qualità dei manufatti sarà eseguita in officina od in cantiere, secondo i casi e prima del collocamento in opera, verbalizzando i risultati in contraddittorio, fra la Direzione dei lavori e l'Esecutore.

L'Esecutore è tenuto altresì ad indicare l'origine dei componenti dei materiali e lo stabilimento di produzione.

**Parte XI.II - NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

- Art. 49 -

**LAVORI PRELIMINARI**

**A) TRACCIAMENTI**

Prima dell'inizio dei lavori in generale l'Esecutore è obbligato ad eseguire la picchettazione completa del lavoro in modo che risultino indicati i limiti degli scavi e le ubicazioni delle fondazioni, in base ai disegni di progetto ed alle speciali istruzioni che potranno essere date in sede di consegna dei lavori o, eventualmente, durante il corso dei lavori.

Completate tali operazioni il Direttore dei Lavori procederà, in contraddittorio con l'Impresa, ai rilievi di consegna. L'Esecutore è obbligato a fornire alla Direzione dei Lavori i mezzi d'opera ed il personale necessario per tali rilievi.

Per i lavori di terra l'Esecutore dovrà procedere al tracciamento con l'obbligo della conservazione dei picchetti ed, eventualmente, delle modine.

**B) PREPARAZIONE DEL TERRENO**

L'esecuzione delle opere di difesa passiva (barriere paramassi) deve essere preceduta dalla preparazione del terreno interessato in modo da raggiungere le seguenti finalità:

- liberare la zona d'occupazione da vegetazione e da corpi estranei presenti;
- eliminare, preventivamente, i materiali di scavo non idonei per la posa in opera delle fondazioni;
- evitare assestamenti e cedimenti dei terreni conseguenti alle operazioni di scavo assicurando adeguate condizioni di stabilità del sito.

L'Impresa, pertanto, nei tratti in cui è prevista la posa in opera delle fondazioni e lungo il tracciato delle barriere dovrà preliminarmente procedere al taglio ed alla rimozione di arbusti e cespugli e relative radici nonché all'asportazione ed eventualmente all'accantonamento del terreno per l'eventuale successivo riuso, se richiesto dalla Direzione dei Lavori, ad esempio per l'inerbimento di scarpate per la protezione da erosioni provocate dalle acque meteoriche.

Nel periodo invernale l'Impresa dovrà avere cura di asportare la coltre di terreno vegetale non molto tempo prima dell'esecuzione dei lavori di scavo e di riporto, al fine di limitare il periodo di esposizione dei terreni, non più protetti dalle intemperie.

- Art. 50 -

**SCAVI IN GENERE**

Gli scavi in genere per qualsiasi lavoro a mano o con mezzi meccanici dovranno essere eseguiti secondo i disegni di progetto e le particolari prescrizioni che saranno impartite all'atto esecutivo dalla Direzione dei lavori.

Nell'esecuzione degli scavi in genere l'Esecutore dovrà procedere in modo tale da impedire scoscendimenti e franamenti, restando esso, oltretutto totalmente responsabile di eventuali danni a persone o opere, altresì obbligato a provvedere a suo carico e spese alla rimozione del materiale franato.

L'Esecutore dovrà inoltre provvedere a sue spese affinché le acque scorrenti sulla superficie del terreno siano deviate in modo tale da non riversarsi nei cavi.

Le materie provenienti dagli scavi in genere, ove non siano utilizzabili o non ritenute adatte, a giudizio insindacabile della Direzione dei lavori, ad altro impiego nei lavori, dovranno essere portate a rifiuto fuori dalla sede del cantiere alle pubbliche discariche ovvero su aree che l'Esecutore dovrà provvedere a sue cure e spese.

Qualora i materiali di scavo dovessero essere utilizzati per tombamenti o rinterri essi dovranno essere depositati in luogo adatto, accettato dalla Direzione dei lavori, per poi essere riprese a tempo opportuno.

- Art. 51 -

**SCAVI DI SBANCAMENTO**

Per scavi di sbancamento si intendono quelli ricadenti al di sopra di un piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno naturale o delle trincee o degli splateamenti precedentemente eseguiti ed aperti da almeno un lato ed occorrenti per lo spianamento o sistemazione del terreno sul quale eseguire le opere, per tagli di terrapieni, piani di appoggio per platee di fondazione ed in genere tutti quelli eseguiti a sezione aperta su vasta superficie ove sia possibile l'allontanamento delle materie di scavo evitandone il sollevamento, sia pure con la formazione di rampe provvisorie.

Se lo scavo dovesse essere aperto su di un lato e non ne venisse ordinato lo scavo a tratti, il punto più depresso sarà quello terminale.

Saranno pertanto considerati scavi di sbancamento anche quelli che si trovano al di sotto del piano di campagna quando gli scavi rivestono i caratteri sopra riportati ed anche tutti i tagli a sezione larga che, pur non rientrando nelle precedenti casistiche e definizioni, potranno, tuttavia, consentire l'accesso con rampe ai mezzi di scavo, carico e trasporto.

**- Art. 52 -**

**SCAVI DI FONDAZIONE**

Per scavi di fondazione in generale si intendono quelli incassati ricadenti al di sotto del piano orizzontale di cui al precedente art. 52, in genere a sezione ristretta, chiusi da pareti verticali o meno, riproducenti il perimetro delle fondazioni.

Nel presente appalto gli scavi di fondazione possono riguardare in particolare quelli per l'esecuzione dei plinti di fondazione dei montanti metallici delle barriere paramassi.

Quali che siano la natura e la qualità del terreno, gli scavi di fondazione dovranno essere spinti fino alla profondità che verrà ordinata dalla Direzione dei lavori all'atto della loro esecuzione, anche variate rispetto ai disegni ed alle indicazioni riportate negli ordinativi di lavoro, senza che l'esecutore abbia diritto a chiedere speciali compensi, nel rispetto delle norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione, emanate con il D.M. 11 marzo 1988 e le Istruzioni applicative alle norme tecniche per terreni, opere di sostegno e fondazioni emanate con la Circolare LL. PP. n° 30483 del 24/09/1988.

E' vietato all'Esecutore, sotto pena di demolire quanto già fatto, di dare inizio alle strutture di fondazione prima che la Direzione dei lavori abbia verificato ed accettato i piani delle fondazioni.

Eseguite le strutture di fondazione, il maggiore scavo lasciato, a personale convenienza dell'Esecutore, in giro delle strutture stesse dovrà essere riempito e costipato, a cure e spese dell'Esecutore, con materiale adatto, fino al piano del terreno naturale originario, ripristinando altresì le eventuali pavimentazioni divelte.

Gli scavi di fondazione dovranno essere eseguiti, in genere, a pareti verticali che dovranno, quando occorre, essere solidamente puntellate e sbadacchiate con robuste armature in modo tale da assicurare gli operai contro ogni pericolo ed impedire smottamenti di materie durante l'esecuzione sia degli scavi sia delle opere di fondazione.

L'Esecutore è responsabile dei danni alle opere, alle persone ed alle proprietà pubbliche e private che potessero accadere per la mancata o insufficiente puntellatura e sbadacchiatura delle pareti di scavo, alle quali egli deve provvedere di propria iniziativa, adottando tutte le precauzioni riconosciute necessarie, senza rifiutarsi per alcun motivo di ottemperare alle prescrizioni che al riguardo gli venissero impartite dalla Direzione dei lavori.

**- Art. 53 -**

**RINTERRI**

Per la formazione di rinterri, ovvero per riempire i vuoti tra le pareti dei cavi e le strutture di fondazione, o da addossare alle strutture stesse e fino alle quote prescritte dalla Direzione dei lavori, si impiegheranno, in generale, e salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, tutti i materiali provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti sul lavoro, in quanto disponibili ed adatti alla formazione dei rilevati, a giudizio insindacabile della Direzione dei lavori.

Quando venissero a mancare, in tutto o in parte, i materiali di cui sopra, l'Esecutore provvederà alla loro acquisizione prelevandole ovunque riterrà di sua convenienza, purché preventivamente ritenuti idonei da parte della Direzione dei lavori.

Per i rinterri da addossarsi alle strutture di fondazione si dovranno sempre impiegare materiali sciolti o ghiaiosi, restando vietato in modo assoluto l'impiego di materiali argillosi e, in generale, di tutte quelli caratterizzati da rammollimento e rigonfiamento nel caso di assorbimento di acqua.

Nella formazione dei suddetti rinterri e riempimenti dovrà essere usata ogni diligenza perché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di uguale altezza e mai superiore a 20 ÷ 30 cm, disponendo i materiali con la massima regolarità e precauzione in modo tale da caricare uniformemente le strutture di fondazione su tutti i lati.

Tutte le riparazioni o ricostruzioni che si rendessero necessarie per la mancata od imperfetta osservanza delle prescrizioni del presente articolo saranno a completo carico dell'Esecutore.

- Art. 54 -

**MALTE E CONGLOMERATI**

**A) MALTE**

I quantitativi dei diversi materiali per la composizione delle malte, salvo le particolari indicazioni che potranno essere imposte dalla Direzione dei Lavori o stabilite nell'elenco dei prezzi, dovranno corrispondere alle seguenti proporzioni:

- a) Malta comune  
Calce spenta in pasta : mc 0,450  
Sabbia : mc 0,900
- b) Malta idraulica  
Calce idraulica : q.li 3,00  
Sabbia : mc 1,00
- c) Malta cementizia  
Cemento a lenta presa tipo 325 : q.li 3,00  
La resistenza caratteristica cubica a 28 giorni deve essere almeno pari a 2500 N/cm<sup>2</sup> (250 Kg/cm<sup>2</sup>)
- d) Malta cementizia per intonaci  
Cemento a lenta presa tipo 325 : q.li 4,00  
Sabbia : mc 0,400
- e) Malta cementizia speciale  
Cemento a lenta presa tipo 325 oppure tipo 425 : q.li 4,50

Qualora la Direzione dei Lavori ritenesse di variare le proporzioni suddette, l'Esecutore sarà obbligato ad uniformarsi alle prescrizioni della medesima, salvo le conseguenti variazioni di prezzo in base alle nuove proporzioni ordinate.

I materiali per le malte, esclusi quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno ad ogni impasto essere pesati oppure misurati con apposite casse della capacità prescritta dalla Direzione dei Lavori e che l'Esecutore è in obbligo di provvedere a mantenere a sue spese costantemente su tutti i piazzali ove verrà effettuata la manipolazione.

Gli ingredienti delle malte dovranno essere mescolati con mezzi meccanici; in casi particolari la Direzione dei Lavori potrà consentire la manipolazione degli ingredienti a braccia d'uomo. Gli ingredienti componenti le malte cementizie saranno prima mescolati a secco, fino ad ottenere un miscuglio di tinta uniforme, il quale verrà poi asperso ripetutamente con la minore sufficiente quantità di acqua possibile, rimescolando continuamente.

**B) CONGLOMERATI**

In applicazione alle norme contenute nel D.M. 30/05/1972 e s.m.i., i conglomerati vengono suddivisi per classi in base alla resistenza caratteristica cubica a 28 giorni, determinata come stabilito nell'Allegato 1 del suddetto D.M.: più precisamente si distinguono le seguenti classi in rapporto alla relativa resistenza:

- classe R150 resistenza caratteristica cubica a 28 gg.: 1500 N/cm<sup>2</sup> (150 Kg/cm<sup>2</sup>);
- classe R200 resistenza caratteristica cubica a 28 gg.: 2000 N/cm<sup>2</sup> (200 Kg/cm<sup>2</sup>);
- classe R250 resistenza caratteristica cubica a 28 gg.: 2500 N/cm<sup>2</sup> (250 Kg/cm<sup>2</sup>);
- classe R300 resistenza caratteristica cubica a 28 gg.: 3000 N/cm<sup>2</sup> (300 Kg/cm<sup>2</sup>);
- classe R400 resistenza caratteristica cubica a 28 gg.: 4000 N/cm<sup>2</sup> (400 Kg/cm<sup>2</sup>);
- classe R500 resistenza caratteristica cubica a 28 gg.: 5000 N/cm<sup>2</sup> (500 Kg/cm<sup>2</sup>).

Nel caso in cui si vogliono usare conglomerati R 400 ed R 500 dovranno sempre essere eseguiti accurati studi preliminari, continui controlli statistici nel corso dell'impiego ed uno studio delle strutture particolarmente accurato.

Quando i conglomerati sono destinati a massetti, a spianamenti e a strutture massicce in genere lavoranti a gravità, possono essere impiegati conglomerati con resistenza caratteristica non inferiore a 100 Kg/cm<sup>2</sup>.

Per strutture armate non è consentito l'impiego di conglomerati con resistenza caratteristica inferiore a 150 Kg/cm<sup>2</sup>.

Per l'esecuzione dei conglomerati l'Esecutore è tenuto all'osservanza delle seguenti norme e prescrizioni ad integrazione di quelle contenute nei citati D.M. 30/05/1972 e D.M. 26/03/1980 che qui si devono intendere integralmente richiamati.

Prima di dare inizio alle opere in conglomerato, l'Impresa deve eseguire gli studi preliminari in base agli elementi che dovrà usare per la confezione dei conglomerati, tendenti fra l'altro a stabilire quali dovranno essere le varie proporzioni di essi per ottenere conglomerati della classe prescritta (resi-

stenza caratteristica cuba a 28 giorni di maturazione). La Direzione dei Lavori potrà richiedere, senza che l'Impresa possa per ciò pretendere compenso alcuno, che tali studi siano condotti o confermati da uno dei Laboratori ufficiali di cui all'art. 20 della Legge 05/11/1971 n° 1086.

Dovranno innanzitutto essere impiegati esclusivamente leganti idraulici definiti come cementi dalle disposizioni vigenti in materia e dovranno rispondere ai requisiti di cui alle norme di accettazione emanate con D.M. 03/06/1968.

- Gli inerti, se sono approvvigionati in più classi, in rapporto alla granulometria, la miscelazione deve essere eseguita a fondo in modo da ottenere una composizione granulometrica omogenea che dovrà mantenersi costante.

Per lavori di notevole importanza l'Impresa dovrà disporre delle serie di vagli normali atte a consentire alla Direzione dei Lavori i normali controlli del fuso granulometrico. In linea di massima, per quanto riguarda le dimensioni, gli elementi delle ghiaie e dei pietrischi dovranno essere da 40 a 71 mm per lavori correnti di fondazione ed elevazione, muri di sostegno, rivestimenti; da 40 a 60 mm se si tratta di volti di getto di un certo spessore; da 25 a 40 mm se si tratta di cappe per volti di getti di limitato spessore.

- L'acqua deve essere impiegata nella quantità minima necessaria per consentire una buona lavorabilità del conglomerato, mentre in relazione agli elementi già fissati, il rapporto acqua-cemento, (e quindi il dosaggio del cemento), deve essere quello occorrente per ottenere la resistenza richiesta per il conglomerato.

E' consentito l'impiego di additivi per migliorare le caratteristiche del conglomerato, purché sia assolutamente accertata l'assenza di ogni pericolo di aggressività. Gli additivi impiegati devono essere conformi alle norme UNI da 7101/72 a 7120/72, devono appartenere ai tipi definiti e classificati dalle Norme Unicementi e rispondere alle relative prove di idoneità.

L'Esecutore, a richiesta della Direzione dei Lavori, dovrà produrre appositi certificati, rilasciati da laboratori ufficiali, dai quali risulti sia l'assenza di aggressività sia la conformità dell'additivo alle disposizioni vigenti in materia.

In ogni caso tutti gli oneri finanziari per la fornitura e l'impiego degli additivi, anche quando autorizzati dalla Direzione dei Lavori, sono a totale carico dell'Impresa.

Per la confezione dei conglomerati si debbono impiegare mezzi meccanici idonei ed il dosaggio dei singoli componenti deve essere effettuato a peso medio ed in modo da garantire la costanza del proporzionamento stabilito nello studio preliminare di cui si è detto sopra.

Gli strumenti destinati al dosaggio dei diversi componenti delle miscele (cemento, inerti, acqua) dovranno corrispondere alle norme di cui al D.M. 5 settembre 1969.

Quando il cemento è contenuto in silos, questi debbono essere costruiti in modo da evitare che l'umidità atmosferica venga a contatto con il cemento stesso, in ogni caso, gli accertamenti sui requisiti del cemento potranno essere fatti all'uscita dei silos stessi, ove detti accertamenti non risultassero positivi, la Direzione dei Lavori potrà ordinare l'allontanamento del materiale insilato o addirittura potrà vietare l'uso dei silos stesso.

Sia nella preparazione degli impasti, sia soprattutto nel rapporto dei conglomerati si deve assolutamente escludere il pericolo della separazione o del prematuro inizio della presa. In tal senso potranno essere effettuate prove di omogeneità del conglomerato fresco prelevando almeno due campioni, ad 1/5 ed a 4/5 dello scarico dal mezzo di trasporto e passandoli ad un vaglio a maglia quadrata da 4,76 mm; tale prova sarà positiva se la percentuale di materiale grosso dei due campioni non differisce più del 10%. Inoltre l'abbassamento al cono di Abrams per i due campioni, prima della vagliatura, non dovrà differire più di 3 cm. Non è consentito l'impiego di conglomerati che alla prova del cono di Abrams presentassero abbassamenti inferiori a 2 cm e superiori a 18 cm.

Per la posa in opera del conglomerato devono essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare fenomeni di separazione. Deve essere assestato e posto in opera con ogni cura in modo che le superfici dei getti, dopo la sformatura, risultino perfettamente piane, senza gobbosità, senza sbavature od irregolarità di sorta, tale comunque da non richiedere alcun tipo di intonaco, né tantomeno spianamenti, abbozzi o rinzaffi, le casseformi pertanto devono essere, di preferenza, metalliche oppure di legno rivestite di lamiera; possono essere consentite casseforme in legno non rivestite, purché il tavolame sia tale da consentire detto risultato. In ogni caso l'onere dell'intonaco, su getti di cemento, reso necessario per regolarizzare o lisciare la superficie apparente dell'opera, è a totale carico dell'Impresa.

Il getto deve essere steso a strati di spessore da 20 a 50 cm in rapporto alle dimensioni della struttura e successivamente, se consentito, si può passare alla vibratura. Questa deve essere eseguita immergendo il vibratore verticalmente a distanza di 40-80 cm e ritirandolo poi lentamente in modo da non lasciare fori o impronte.

Perché le strutture risultino monolitiche deve essere ridotto al minimo il tempo tra due getti successivi. Quando questi tempi dovessero risultare troppo lunghi potrà essere consentita l'aggiunta di idonei additivi ritardanti.

Nella ripresa dei getti interrotti si dovrà preventivamente stendere uno strato di boiaccia (sabbia e ce-

mento nella misura di 600 Kg/mc) dello spessore di 1-2 cm o, se consentito dalla Direzione dei Lavori, di malta speciale tipo "Emaco".

Non è consentito fare getti di conglomerato a temperatura inferiore a 0°C, salvo che non si ricorra ad opportune cautele che potranno comprendere il riscaldamento degli inerti e dell'acqua di impasto. Tale riscaldamento dovrà essere eseguito anche quando si dovessero usare additivi quali acceleranti invernali o aeranti.

Durante la stagione calda peraltro, dovranno essere adottate particolari cautele per evitare degradazioni dell'impasto, quali perdita di consistenza (e quindi maggiore fabbisogno d'acqua), acceleramento della presa. Per ridurre la temperatura degli inerti sarà utile sia mantenerli umidi sia proteggere opportunamente i relativi depositi. In tal caso si dovrà tener conto dell'acqua contenuta negli inerti, nel determinare il rapporto acqua-cemento.

La Direzione dei Lavori potrà autorizzare, per migliorare le caratteristiche degli impasti nelle stagioni calde, l'impiego di additivi plastificanti-ritardanti.

La superficie dei getti dovrà essere mantenuta umida per almeno tre giorni.

L'Esecutore non può procedere al disarmo dei getti se non siano trascorsi almeno i seguenti tempi minimi:

- sponde dei casseri di travi e pilastri 3 giorni
- armature di solette di luce modesta 10 giorni
- puntelli e centine di travi, archi e volte, etc. 24 giorni.

Per getti eseguiti con cemento ad alta resistenza tali tempi possono essere ridotti rispettivamente a 2, 4 8 giorni.

Ove l'Esecutore documenti, con specifici accertamenti, che la resistenza del conglomerato ha raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, la Direzione dei Lavori può autorizzare che il disarmo stesso sia fatto anche prima che siano trascorsi i tempi di cui sopra.

L'Esecutore ha l'obbligo di tenere in cantiere le casseforme necessarie per la confezione dei provini da sottoporre alle prove di resistenza.

Tali casseformi devono avere le caratteristiche volute dalla UNI 6-30-67, devono riprodurre dei cubi con spigoli di cm 10, cm 15, cm 20, cm 25, cm 30, e devono essere tenute in cantiere in numero di almeno 2 per ogni dimensione.

## INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEI COSTONI ROCCIOSI

### Art. 55 - OPERE DI CONSOLIDAMENTO

#### 1. CLASSIFICAZIONE, DEFINIZIONE E NORMATIVE

##### 1.1 CLASSIFICAZIONE

Le opere di cui in appresso sono riferite alla classificazione che segue.

###### A. Ancoraggi

Gli ancoraggi sono identificati dalle seguenti tipologie esecutive:

- Tiranti d'ancoraggio;
- Bulloni;
- Chiodi.

###### B. Iniezioni

Le iniezioni identificano le attività, finalizzate al miglioramento delle caratteristiche meccaniche ed all'impermeabilizzazione dei terreni e delle rocce, realizzate mediante iniezione di:

- Miscela cementizie stabili ed instabili;
- Miscela con cementi microfini stabili.

###### C. Barriere paramassi

##### 1.2 DEFINIZIONI

###### a) Tiranti d'ancoraggio

Per tiranti d'ancoraggio si intendono elementi strutturali connessi al terreno o alla roccia, che in esercizio sono sollecitati a trazione. Le forze di trazione sono quindi applicate sulla struttura da tenere ancorata mediante una piastra di ripartizione (testata).

In relazione alle modalità di sollecitazione, i tiranti vengono distinti in:

- Tiranti passivi, nei quali la sollecitazione di trazione nasce quale reazione a seguito di una deformazione dell'opera ancorata;
- Tiranti attivi, nei quali la sollecitazione di trazione è impressa in tutto o in parte all'atto del collegamento con l'opera ancorata.

In relazione alla durata di esercizio, i tiranti vengono distinti in:

- Tiranti provvisori, la cui funzione deve essere espletata per un periodo limitato e definito a priori;
- Tiranti permanenti, la cui funzione deve essere espletata per un periodo commisurato alla vita utile dell'opera ancorata.

Di norma l'armatura dei tiranti di ancoraggio è costituita da un fascio di trefoli in acciaio lucido, tipo c.a.p., solidarizzati al terreno mediante iniezioni cementizie selettive.

#### b) Bulloni

Si tratta di elementi strutturali che, in esercizio, sono sollecitati a trazione, e che sono in grado di assorbire anche eventuali sollecitazioni taglianti. Si tratta quindi di ancoraggi particolari, i cui elementi caratteristici sono:

- Armatura costituita da una singola barra;
- Lunghezza in genere limitata;
- Impiego prevalente in roccia;
- Solidarizzazione, di norma, per semplice cementazione.

Analogamente ai tiranti di ancoraggio è possibile operare distinzioni in base alle modalità di applicazione degli sforzi di trazione (attivi e passivi) ed in base alla durata di esercizio (provvisori e permanenti).

L'armatura è costituita da:

- barra in acciaio ad aderenza migliorata;
- barra in vetroresina.

#### c) Chiodi

Si tratta di ancoraggi tipicamente passivi, costituiti da elementi strutturali operanti in un dominio di taglio e trazione conseguente ad una deformazione da taglio.

I chiodi sono quindi generalmente privi di testa di ripartizione e con l'armatura costituita da:

- Barra in acciaio a aderenza migliorata;
- Profilato metallico;
- Barra o tubo in vetroresina, con superficie corrugata o scabra.

#### d) Iniezioni

Le iniezioni costituiscono una tecnica atta a modificare le caratteristiche meccaniche (resistenza o deformabilità) e le caratteristiche idrauliche (permeabilità) di terreni porosi e di rocce fessurate o fratturate, o aventi cavità di vari dimensioni, per effetto dell'immissione di idonee miscele, attraverso fori di piccolo diametro. Tali miscele sono dei fluidi (sospensioni, soluzioni, emulsioni) dotate di proprietà reologiche evolutive, inizialmente idonee alla penetrazione nel mezzo poroso o fratturato, e che raggiungono in seguito le caratteristiche adeguate agli scopi del trattamento. I terreni iniettabili comprendono i terreni alluvionali o detritici, fino ad un certo limite di permeabilità (dalle ghiaie alle sabbie fini) e le rocce (da carsiche a microfessurate).

d.1) I trattamenti possono definirsi di:

- Impregnazione, quando tendono a riempire i vuoti dei terreni sciolti porosi;
- Intasamento, quando tendono a riempire fratture a cavità della roccia;
- Ricomprensione, quando tendono a formare, nei terreni fini, un reticolo di lenti resistenti e scarsamente deformabili, ottenuto per fratturazione idraulica (claquage).

d.2) Le miscele di iniezione consistono in:

- Sospensioni di un legante idraulico in acqua con eventuali additivi stabilizzanti (miscele cementizie);
- Soluzioni colloidali, ottenute sciogliendo in acqua colloidali puri (silicato di sodio) ed utilizzando reagenti organici (acetato di etile);

- Soluzioni pure inorganiche, costituite da soluzioni acquose di silice pura con impiego di reagenti inorganici.

d.3) In relazione alla penetrabilità ed alla stabilità le sospensioni cementizie si definiscono in:

- Miscele cementizie instabili, costituite da miscele binarie, nelle quali la fase solida tende a sedimentare con rilevante cessione di acqua libera (bleeding);
- Miscele cementizie stabili, costituite da miscele ternane (acqua-cemento-bentonite) o da miscele binarie corrette con additivi disperdenti e stabilizzanti;
- Miscele con cementi microfini, costituite da miscele binarie, con impiego di cementi macinati e additivati.

### 1.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti leggi e normative:

- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 Norme tecniche per le costruzioni;
- Decreto Ministeriale 11/03/1988 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Raccomandazioni A.I.C.A.P. "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce", edizione 1993, allegate al presente capitolo;
- Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN che saranno richiamate ove pertinenti;
- Normative ETAG 27 "Guida per il benessere tecnico europeo di Sistemi di Protezione Paramassi" edizione 2008-02-01 e ss.mm.ii. (per le barriere paramassi)

## Art. 56 - ANCORAGGI

### 1. SOGGEZIONI GEOTECNICHE ED AMBIENTALI

#### a) Conoscenze geotecniche e geologiche

Poiché la corretta scelta della tipologia e delle dimensioni degli ancoraggi e delle relative procedure di esecuzione è basilare per la corretta realizzazione degli stessi, l'Impresa dovrà valutare attentamente gli elementi di conoscenza delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni, dei caratteri geomorfologici e strutturali degli ammassi rocciosi, e dell'influenza della falda.

Ove ne ricorra l'opportunità si richiederanno prove tecnologiche preliminari, secondo quanto precisato al punto 2.1.2., eventualmente accompagnate da prove di tensionamento a supporto della progettazione.

#### b) Aggressività dell'ambiente

Poiché l'ambiente circostante gli ancoraggi è costituito dal terreno, dalle acque sotterranee e superficiali stagnanti o correnti, e dall'atmosfera, dovranno essere valutati con molta i pericoli di corrosione delle armature tese e di aggressione chimico-fisica dei bulbi di ancoraggio.

E' da tenere presente che l'azione aggressiva è esaltata dal movimento dell'acqua, dalla temperatura elevata e dalle correnti vaganti.

L'ambiente è da considerare aggressivo nei riguardi del cemento anche se è verificata una sola delle condizioni qui di seguito indicate:

- Grado idrotimetrico dell'acqua del terreno o di falda < 3° F
- Valore del ph < 6
- Contenuto in CO<sub>2</sub> disciolta > 30 mg/l
- Contenuto in NH<sub>4</sub> > 30 mg/l
- Contenuto in MG < 300 mg/l
- Contenuto in SO > 600 mg/l (oppure >6000 mg/kg di terreno sciolto)

In ambiente aggressivo d'idoneità del cemento deve essere certificata dal fabbricante o da prove preliminari di laboratorio.

### 2. ELEMENTI COSTITUTIVI DEI TIRANTI E DEI BULLONI

Nelle strutture di ancoraggio che lavorano totalmente o prevalentemente a trazione si distinguono i seguenti elementi:

#### a) Testata

E' il dispositivo di ripartizione delle sollecitazioni di ancoraggio sulla opera ancorata, è normalmente

costituita da una piastra metallica di adeguate dimensioni, dotata di fori passanti per ospitare le armature, con i relativi dispositivi di bloccaggio ed il condotto di iniezione.

b) Armatura

E' l'elemento destinato a trasmettere le sollecitazioni delle testate del terreno alla roccia, è costituita da trefoli o barre, a seconda del tipo di ancoraggio

c) Tratto libero

E' la parte di armatura che non è solidarizzata al terreno o alla roccia, la cui lunghezza caratterizza la deformabilità dell'ancoraggio.

d) Canna di iniezione

E' costituito da un tubo generalmente in P.V.C., dotato o meno di valvole a manchettes, che viene collegato al circuito di iniezione per la solidarizzazione dell'ancoraggio al terreno o alla roccia. Nei tiranti di ancoraggio fra il tratto libero e la fondazione è di norma interposto un dispositivo di separazione, chiamato sacco otturatore, tenuto in sede da due tamponi posti alle estremità. La funzione del sacco otturatore è di bloccare le eventuali fughe di miscela cementizia attraverso il tratto libero, esso dunque è particolarmente necessario nei tiranti aventi inclinazione prossima all'orizzontale.

Nei tiranti definitivi sono presenti dispositivi atti a realizzare la protezione delle armature anche in corrispondenza del tratto di fondazione. Questo dispositivo è in genere costituito da una guaina in PVC corrugata, dotata di centratori esterni, connessa tramite giunzioni a tenuta all'ogiva o puntale terminale, ed al tampone del sacco otturatore. Un condotto di iniezione, dotato di sfiato, consente di eseguire il riempimento a volume controllato dall'interno di questa guaina (bulbo interno). Nel caso di tiranti a iniezioni selettive, la guaina grecata collegata alla canna di iniezione e reca incorporate delle valvole a manchettes.

### 3. PROVE PRELIMINARI

Le attrezzature prescelte ed i procedimenti esecutivi per le varie tipologie degli ancoraggi dovranno essere comunicati dall'Impresa alla D.L. per informazione.

Se richiesto dalla D.L., in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, l'idoneità dei tipi esecutivi, delle attrezzature e dei procedimenti sarà verificata mediante l'esecuzione di prove preliminari. Le relative prove di carico saranno eseguite in conformità a quanto prescritto al punto 8.

### 4. TOLLERANZE

Gli ancoraggi dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- Coordinate plano-altimetriche  $\pm 2$  cm
- Scostamento dall'asse teorico  $\pm 1\%$
- Lunghezza  $\pm 15$  cm

### 5. MATERIALI

Le prescrizioni che seguono sono complementari a quelle di cui alla Cat. Opere in Conglomerato Cementizio che si intendono quindi integralmente applicabili.

a) Armature metalliche

a1) Trefoli tipo c.a.p.

Si utilizzeranno trefoli  $\varnothing 6/10$ " in acciaio liscio. Le caratteristiche dei trefoli sono qui di seguito elencate.

- Componenti 7 fili  $\varnothing 5$  mm
- Diametro nominale 15/20 mm
- Sezione nominale 139 mm
- Tensione effettiva ll'1% di allungamento 225 KN
- Tensione di rottura effettiva 250 KN
- Modulo elastico  $E = 200 \div 205$  KN/mm<sup>2</sup>
- Limite elastico convenzionale allo 0,1 %  $f_{ptk} \geq 1600$  N/mm<sup>2</sup>
- Allungamento a rottura su 610 mm  $5.2 \div 5.1\%$
- Peso 1.1 kg/m

Di conseguenza le tensioni ammissibili sono:

- In esercizio  $\sigma_a \leq 0.6 f_{ptk}$
- In fase provvisoria  $\sigma_{al} \leq 0.85 p_{(1)k}$

a cui corrispondono i seguenti valori dei carichi di trazione:

- In esercizio  $T \leq 150$  kN
- In fase transitoria t (per prove di collaudo o brevi fasi di carico)  $T \leq 180$  KN

a2) Barre – Barre in acciai speciali

Le barre saranno in acciaio del tipo a aderenza migliorata (a.m.), di qualità e caratteristiche conformi a quanto specificato nella Cat. Opere in Conglomerato Cementizio.

E' consentito, ove espressamente previsto dai disegni di progetto, l'impiego di barre in acciai speciali ed a filettatura continua, ad alta resistenza o simili. Le caratteristiche di tali acciai dovranno essere certificate dal produttore, e verificare a norma dei regolamenti già richiamati.

b) Apparecchi di testata

b1) Dispositivi di bloccaggio

I dispositivi di bloccaggio dei tiranti a trefoli dovranno essere conformi alle disposizioni dell'Allegato "B" della Circolare Ministeriale LL.PP. 30 giugno 1980 ed eventuali successivi aggiornamenti; per i bulloni si farà invece riferimento al D.M. del 14 febbraio 1992 n. 55 – parte II – par. 2.5.

b.2) Piastre di ripartizione

Si adotteranno piastre di ripartizione le cui dimensioni dovranno essere scelte in relazione alle caratteristiche geometriche e di portata dei tiranti ed alle caratteristiche di resistenza e deformabilità del materiale di contrasto.

c) Miscele di iniezione e loro componenti

c.1) Caratteristiche dei componenti

L'Impresa dovrà accertarsi preventivamente che i materiali, aventi le caratteristiche qui richieste, siano disponibili in quantità sufficiente a coprire l'intero fabbisogno per l'esecuzione degli ancoraggi previsti in progetto.

c.2) Cemento

il cemento impiegato deve essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno.

c.3) Inerti

Sarà possibile di norma utilizzare solo inerti costituiti da polveri di calcare, o ceneri volanti, previa autorizzazione della D.L..

Nel caso di impiego di ceneri colanti, ad esempio provenienti dai filtri di altiforni, si dovrà utilizzare materiale totalmente passante al vaglio da 0.075 mm.

c.4) Acqua di impasto

Si utilizzerà acqua chiara, dolce, le cui caratteristiche chimico-fisiche dovranno soddisfare i requisiti di cui alla Cat. Opere in Conglomerato Cementizio.

c.5) Additivi

E' ammesso l'impiego di additivi fluidificanti non aeranti. L'impiego di acceleranti potrà essere consentito solo in situazioni particolari, previa comunicazione alla D.L.. I prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere comunicati preventivamente alla D.L..

c.6) Preparazione delle miscele cementizie

● Caratteristiche di resistenza e dosaggi

Di norma la resistenza cubica da ottenere per le miscele cementizie di iniezione deve essere:  $R_{ck} \geq 25$  Mpa

A questo scopo si prescrive che il dosaggio in peso dei componenti sia tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:  $a/c \leq 0.5$

● Composizione delle miscele cementizie

La composizione delle miscele di iniezione, riferita ad 1 m<sup>3</sup> di prodotto, sarà:

- acqua	25 kg
- cemento	100 kg
- additivi	6 kg

con un peso specifico pari a circa:  $\rho = 1.8 \text{ kg/dm}^3$

● Impianti di preparazione

Le miscele saranno confezionate utilizzando impianti a funzionamento automatico o semi-automatico, costituiti dai seguenti principali componenti:

- bilance elettroniche per componenti solidi;
- vasca volumetrica per acqua;

- mescolatore primario ad elevata turbolenza (min. 1500giri/min.);
- vasca di agitazione secondaria e dosatori volumetrici delle miscele cementizie.

c.7) Controlli e documentazione

Le miscele confezionate in cantiere saranno di norma sottoposte ai seguenti tipi di controllo:

- peso specifico
- viscosità Marsh
- decantazione
- tempo di presa
- prelievo di campioni per prove di compressione a rottura.

La frequenza delle prove è indicata nel Controllo Qualità-

Il peso specifico dovrà risultare pari ad almeno il 90% di quello teorico, calcolato assumendo  $3 \text{ g/cm}^3$  il peso specifico del cemento e  $2.65 \text{ g/cm}^3$  quello degli eventuali inerti, nell'ipotesi che non venga inclusa aria. Nelle prove di decantazione l'acqua separata in 24 ore non dovrà superare il 3% in volume.

d) Dispositivi di protezione

d.1) Guaine in materiali plastici

La guaina è un elemento costitutivo del tirante atto a proteggere l'armatura metallica dalla corrosione. I tiranti saranno del tipo "a doppia protezione" nei confronti della corrosione, ossia saranno dotate di guaina liscia in corrispondenza del tratto libero e di guaina corrugata in corrispondenza del bulbo. Nei tiranti a trefoli, ogni trefolo deve essere singolarmente inguainato.

Di norma verranno impiegati tubetti lisci e corrugati in pvc, polietilene o polipropilene, di diametro interno congruente con il diametro dei trefoli o delle barre.

L'intercapedine tra la guaina liscia e l'armatura metallica dovrà essere perfettamente riempita con grasso meccanico chimicamente stabile, inalterabile e non saponificabile, mentre tra la guaina corrugata e la barra verrà eseguita l'iniezione della miscela.

d.2) Centratori e distanziatori

Forma e numero dei centratori devono essere tali da consentire il centraggio dell'armatura nel foro di alloggiamento e nello stesso tempo non devono ostacolare il passaggio della miscela.

Per i tiranti aventi l'armatura costituita da un fascio di trefoli, questi dovranno essere simmetricamente disposti intorno al tubo centrale di iniezione, in corrispondenza del tratto di fondazione, saranno inseriti in appositi distanziatori che, regolarmente intervallati con fascette di restringimento, permetteranno al fascio di trefoli di assumere un andamento sinusoidale a ventre e nodi che incrementa l'ancoraggio passivo dell'armatura i bulbi.

Nella parte libera il posizionamento dei trefoli, parallelo al tubo di iniezione, sarà garantito da dispositivi direzionali; una guaina flessibile in pvc proteggerà e avvolgerà il tutto, permettendo nel contempo la massima libertà di allungamento ai trefoli stessi.

d.3) Dispositivi per l'iniezione

Nei tiranti a trefoli, un tubo di iniezione in pvc sarà posto in asse al tirante per tutta la sua lunghezza e sarà munito di valvole (manchettes) di iniezione, disposte ad intervalli regolari in corrispondenza della parte cementata e di un tratto iniziale della parte libera. Queste valvole assicureranno la diffusione della miscela di iniezione preferenzialmente secondo le generatrici del tirante favorendo una migliore aderenza delle armature al bulbo.

Per gli ancoraggi a barra il dispositivo di iniezione sarà costituito da un analogo tubo, disposto parallelamente all'armatura.

e) Resine

Le resine saranno di norma impiegate per la solidarizzazione dei chiodi in vetroresina alla roccia. Preferenzialmente saranno impiegate resine epossidiche a due componenti o resine poliesteri insature identiche a quelle che costituiscono la matrice della barra.

Oltre al corretto dosaggio dei componenti, i principali fattori che influenzano il comportamento delle miscele di iniezione a base di resine sono:

- La viscosità in fase fluida;
- I tempi di indurimento e loro dipendenza dalla temperatura;
- La compatibilità con la presenza di acqua.

Rapporti non corretti del dosaggio dei componenti danno luogo a perdite di resistenza (per le resine epossidiche) o a variazioni non accettabili dei tempi di polimerizzazione (per resine poliesteri).

La presenza di solventi o diluenti, o prodotti secondari delle reazioni non partecipi della struttura della macromolecola, è generalmente causa di ritiro e/o porosità.

Sarà necessario che ciascun componente non sia solubile in acqua e che l'eventuale assorbimento di acqua non componi alterazioni nel processo di polimerizzazione. Particolari accorgimenti dovranno essere presi per l'impiego sono battente d'acqua, per evitare porosità e discontinuità. La scelta della resina dovrà essere fatto tenendo conto dei seguenti fattori:

- Viscosità, i valori dovranno essere compresi tra 300 e 3000 cP a 20° e devono essere misurati con il metodo ASTM D2393 – 72;
- Tempo di gel: valore da definire a cura del produttore o a seguito di prove preliminari, in relazione alle caratteristiche dell'ambiente, ed ai tempi di realizzazione; il valore dovrà essere misurato secondo i metodo ASTM D2471 – 71;
- Assenza di solventi, diluenti, o altri componenti estranei alla polimerizzazione; la differenza tra il peso della miscela fluida iniziale e della stessa miscela indurita dovrà essere inferiore al 5% del peso iniziale; la polimerizzazione non dovrà dar luogo a fenomeni secondari dannosi come, per esempio, sviluppo di gas.
- Compatibilità con l'eventuale presenza di acqua in fase di polimerizzazione: l'accertamento dovrà essere fatto attraverso prove di confronto della resistenza a trazione di resine indurite in aria ed in acqua, su provini del tipo 2 indicati nella UNIPLAST 5819 – 66 (con spessore di 10 mm); la riduzione di resistenza dovrà essere inferiore al 10% del valore della resistenza della resina indurita all'aria.

f) Vettoresine

Le vettoresine potranno essere utilizzate per la realizzazione di bulloni e chiodi.

Con "vettoresina" si intende un materiale composito e i componenti di base sono tessuti in fibre di vetro e/o fibre di vetro o aramidiche, legati fra loro da una matrice di resina termoindurenti opportunamente polimerizzate. Il materiale è fortemente anisotropo e quindi si dovrà tener conto, per il suo corretto impiego, della disposizione delle fibre di rinforzo.

Di norma i chiodi in vettoresina saranno a sezione circolare, piena o cava, con diametri variabili da 20 a 60 mm; per i profilati a sezione cava si richiedono spessori minimi non inferiori a 5 mm. Ove necessario, o espressamente richiesto dal progetto, le barre dovranno essere del tipo a aderenza migliorata, ad esempio mediante trattamento di filettatura continua. L'impiego di profilati con sezioni di geometria particolare (a doppio T, ad U, prismatica) potrà essere consentivo, ove previsto da progetto. I materiali utilizzati dovranno essere certificati dal produttore. Le caratteristiche minime richieste sono riportate in tabella 2.1.4.F.

I bulloni possono avere sezione a stella e specifico sistema di bloccaggio in corrispondenza della testata.

TABELLA 2.1.4.F

CARATTERISTICHE E LIMITI DI ACCETTABILITA'  
DELLE VETTORESINE PER CHIODI E BULLONI

CARATTERISTICHE	UNITA' DI MISURA	MATRICE		METODO DI PROVA
		POLIESTERE	RESINA EPOSSIDICA	
Peso specifico	Kg/dm <sup>2</sup>	1,65-1,85	1,9	UNI 7092-72
contenuto di vetro in percentuale del peso	%	50-70	60.75	
Resistenza a trazione	MPa	400-900	>800	UNI 5819/66
Resistenza a flessione	MPa	300-600	>750	UNI 7219/73
Resistenza a taglio	MPa	100-150	>150	
Modulo di elasticità	MPa	15000-32000	35000-42000	UNI 5819/66

6. MODALITÀ ESECUTIVE

6.1 Tiranti di ancoraggio

a) Perforazione

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o roto-percussione, con rivestimento conti-

nuo e circolazione di fluidi.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar, rispettivamente.

Nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza., le caratteristiche minime richieste sono:

- portata  $\geq 10 \text{ m}^3/\text{min}$ ;
- pressione  $\geq 8 \text{ bar}$ .

b) Allestimento del tirante.

Completata la perforazione si provvederà a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione. Ultimata la rimozione dei detriti si provvederà ad effettuare le operazioni che seguono:

- Riempimento del foro con miscela cementizia (cementazione di 1<sup>a</sup> fase)
- Introduzione del tirante
- Riempimento dei dispositivi di separazione e protezione interni (sacco otturatore, bulbo interno)
- Esecuzione delle iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati
- Posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento
- Prove di carico di collaudo
- Tensionamento del tirante
- Iniezione della parte libera
- Protezione della testata

L'introduzione del tirante prima del riempimento di 1<sup>a</sup> fase potrà essere eseguita allorché:

- La perforazione sia interamente rivestita
- Il tirante sia dotato della valvola di fondo esterna all'ogiva
- Il riempimento avvenga contemporaneamente all'estrazione dei rivestimenti e siano operati gli eventuali rabbocchi finali;
- I trefoli ed i condotti di iniezione siano opportunamente prolungati fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguata a consentire le successive operazioni di iniezioni e di tesatura;
- Il sacco otturatore, nel caso di tiranti orizzontali o debolmente inclinati ( $l \leq 25^\circ$ ), sia presente.

c) Iniezione

La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi, come di seguito specificato. Si utilizzerà una miscela cementizia conforme a quanto indicato nei disegni esecutivi e particolari costruttivi di progetto.

c.1) Cementazione 1<sup>a</sup> fase

Sarà eseguita all'atto di completamento della perforazione, secondo quanto specificato al precedente punto b); si utilizzerà un volume di miscela cementizia commisurato al volume teorico del foro.

In questa fase si eseguiranno anche le operazioni di riempimento del sacco otturatore, ove presente, e del bulbo interno per i tiranti definitivi, utilizzando quantitativi di miscela corrispondenti ai volumi teorici degli stessi.

Completata l'iniezione di prima fase si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di iniezione.

c.2) Iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati

Trascorso un periodo di 12/24 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo all'esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione.

La massima pressione di apertura delle valvole non dovrà superare il limite di 60 bar, in caso contrario la valvola potrà essere abbandonata. Ottenuta l'apertura della valvola si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto. La pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min. e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

I valori di iniezione saranno di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressio-

ne di rifiuto. La valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12/24 ore. Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio intero della canna.

c.3) Caratteristiche degli iniettori

Per eseguire l'iniezione dovranno essere utilizzate delle pompe oleodinamiche a pistoni, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione max di iniezione = 100 bar;
- portata max = 2 mc/ora;
- a max pistonate/minuto = 60.

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alla D.L., specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoni.

d) Controlli e documentazione

Per ogni tirante eseguito, l'impresa dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n.° del tirante e data dell'esecuzione;
- lunghezza della perforazione;
- modalità di esecuzione della perforazione:
  1. Utensile;
  2. Fluido;
  3. Rivestimenti.
- caratteristiche del tirante (armatura, lunghezza della fondazione);
- volume dell'iniezione di prima fase;
- tabelle delle iniezioni selettive indicanti per ogni valvola e per ogni fase:
  1. data;
  2. pressioni di apertura;
  3. volumi di assorbimento;
  4. pressioni raggiunte.
- caratteristiche della miscela utilizzata:
  1. composizione;
  2. peso specifico;
  3. viscosità Marsh;
  4. rendimento volumetrico e decantazione;
  5. dati di identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di compressione a rottura
- allungamento sotto il carico di collaudo
- valore della forza di tensionamento.

6.2 Bulloni

a) Perforazione

valgono le prescrizioni di cui al punto 2.1.5.1. Nel caso di perforazione di piccolo diametro in roccia (diametro 80/100 mm.) e di modesta stabilità del foro, potrà essere omesso l'impiego dei rivestimenti.

b) Allestimento dell'ancoraggio

completata la perforazione e rimossi i relativi detriti mediante adeguato prolungamento della circolazione dei fluidi, si provvederà a realizzare l'ancoraggio, procedendo con le seguenti operazioni:

- introduzione dell'armatura;
- esecuzione dell'iniezione primaria e contemporanea estrazione del rivestimento;
- esecuzione delle iniezioni selettive se ed ove previste;
- posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento;
- eventuali prove di carico di collaudo;
- tensionamento della barra.

Per i bulloni ad espansione meccanica la connessione alla roccia si otterrà direttamente in fase di tensionamento.

c) Iniezione

c.1) Iniezione di miscele cementizie

Si applicano le specifiche di cui al punto 2.1.5.1 c), sia per le iniezioni di 1<sup>a</sup> fase, a gravità o a bassa pressione, sia per le iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati, quando previste.

c.2) iniezione di resine

Nell'esecuzione di iniezioni con resine sintetiche si adotteranno modalità operative conformi alle rac-

comandazioni fornite dal produttore.

Per barre di piccolo diametro (15-24 mm.) si potrà adottare il sistema a "cartuccia". In tal caso si posiziona in fondo al foro una cartuccia di vetro contenente i componenti della resina, opportunamente separati. Si infila quindi la barra facendola ruotare per rompere la cartuccia e mescolare i componenti della resina, dando così luogo al processo di polimerizzazione.

Per barre di diametro maggiore si adotteranno di norma resine fluide, che saranno iniettate tramite un condotto di mandata con ugello di fuoriuscita posto in prossimità del foro. La testata sarà dotata di un tubicino di sfiato, di norma in rame, che sarà occluso per piegatura a iniezione completata.

#### Controlli e documentazione

L'impresa dovrà fornire una scheda contenente, per ogni ancoraggio eseguito, informazioni relative a:

- Modalità di perforazione;
- Tipo e caratteristica dell'armatura;
- Tipo e modalità dell'iniezione;
- Valori di tensionamento.

### 6.3 Chiodi

La posa in opera dei chiodi sarà eseguita tramite le seguenti operazioni:

- a) perforazione, da condurre in accordo con le prescrizioni di cui alle precedenti tipologie e di ancoraggio; è ammesso l'impiego di attrezzature leggere, in relazione alla natura della roccia ed alla geometria del foro;
- b) introduzione dell'armatura;
- c) esecuzione dell'iniezione, fino al completo riempimento dell'intercapedine.

Per chiodi in vetroresina si utilizzeranno solo prodotti chimicamente affini al materiale costituente l'armatura. In casi e per applicazioni particolari i chiodi potranno essere inseriti a pressione, con o senza battitura, con o senza Jetting (attraverso la sezione cava).

Le informazioni relative alla esecuzioni dei chiodi saranno riportate, a cura dell'impresa, su una scheda tecnica analoga a quanto previsto al punto 2.1.5.2.d.

## 7. PROCEDURE DI TENSIONAMENTO

Ai sensi della procedura di messa in tensione si farà riferimento ai seguenti carichi:

- No=0.1 Ncs = forza di allineamento;  
Ncs = forza di esercizio;  
Nc=1.2 Ncs = forza di collaudo;  
N1 = forza di tesatura.

Il tensionamento avverrà attraverso le seguenti fasi:

- a) Viene applicato il carico di allineamento No, la corrispondente deformazione farà da riferimento per la misura dei successivi allungamenti.
- b) Il campo Nc – No viene diviso in 12 gradini, di entità pari a  $\Delta N = 0.1 \text{ Ncs}$ ; ad ogni gradino si misureranno le corrispondenti deformazioni a
  - $\delta T \geq 5'$  per ancoraggi in roccia o in terreni incoerenti;
  - $\delta T \geq 15'$  per ancoraggi nei terreni coesivi.
- c) Raggiunto il carico Nc, il tirante viene scaricato sino al valore No, misurando il successivo allungamento residuo.
- d) Vengono inseriti dispositivi per il bloccaggio e si provvede ad applicare il carico N1.

Qualora non sia prevista l'esecuzione della prove di collaudo il carico di tensionamento viene applicato durante la fase b) avendo suddiviso il campo N1 – N0 in almeno tre gradini di carico.

Per ciascun ancoraggio collaudato e/o messo in tensione, l'impresa dovrà fornire alla D.L. la relativa documentazione completa di tabelle e grafici.

## 8. PROVE DI CARICO

### 8.1 Generalità

#### a) Tipologie delle prove

Le prove di carico sui tiranti si distinguono in:

- prove di carico a rottura;
- prove di carico di collaudo.

Le prove a rottura dovranno essere eseguite su ancoraggi non appartenenti alla struttura o blocco lapideo da ancorare, ma eseguiti nello stesso sito e con lo stesso sistema di perforazione e di iniezione. Ove previsto dal progetto o richiesto dalla D.L., le prove a rottura potranno essere realizzate su "anco-

*raggi preliminari di prova*". Tali ancoraggi sono definiti preliminari in quanto in base al loro comportamento si procede alla verifica delle ipotesi di progetto. In questo senso le prove eseguite costituiscono quindi parte integrante del progetto degli ancoraggi.

Gli ancoraggi preliminari di prova debbono essere in ogni caso realizzati dopo l'esecuzione di quelle operazioni (scavi, riporti, mutamenti nel regime idraulico del terreno) che possono influire sulla resistenza della fondazione dell'ancoraggio.

Le prove di collaudo vanno, invece realizzate su tiranti appartenenti alla struttura o blocco lapideo da ancorare, nel numero indicato dalla D.L. e dal collaudatore.

#### b) Prescrizioni generali

Le prove dovranno essere eseguite da personale specializzato e nel rispetto delle norme di sicurezza. Le apparecchiature da impiegare nella esecuzione delle prove dovranno essere tarate presso un Laboratorio Ufficiale.

Gli allungamenti degli ancoraggi sottoposti a prova dovranno essere misurati con riferimento ad un punto fisso esterno alla zona in cui si risentono significativamente le azioni trasmesse dall'ancoraggio stesso. Si richiedono le seguenti precisioni minime:

- per gli allungamenti: 2% dell'allungamento teorico;
- per le forze applicate: 2% della forza limite ultima dell'ancoraggio con riferimento alla prevista aderenza limite bulbo-terreno.

Per ciascun ancoraggio sottoposto a prova di carico l'Impresa dovrà fornire alla D.L. la relativa documentazione completa di tabelle e grafici.

#### c) Definizioni

Si adotteranno le definizioni indicate nelle raccomandazioni AICAP citate al punto 1.3.

### 8.2 Tipologia e modalità di prova

Si fa riferimento alle Raccomandazioni AICAP, la cui ultima edizione è del maggio 1993, che si allegano. In particolare si rimanda:

- al cap. 6 delle citate Raccomandazioni, per le prove a rottura di tiranti;
- al cap. 7, per le prove di collaudo di tiranti;
- all'Appendice, per le prove su bulloni e chiodi.

## Art. 57 - INIEZIONI

### 1. SOGGEZIONI GEOTECNICHE ED AMBIENTALI

#### a) Conoscenze geotecniche e geologiche

Poiché la corretta scelta delle metodologie e dei prodotti di iniezione è basilare per la corretta realizzazione dei trattamenti, l'Impresa dovrà valutare attentamente gli elementi di conoscenza delle caratteristiche dei terreni (stratigrafia, granulometria, etc.), o i caratteri strutturali e morfologici degli ammassi rocciosi (grado di fratturazione, permeabilità Lugeon, etc.). Dovrà inoltre valutare attentamente l'influenza della falda (pressione, velocità di filtrazione, etc.).

Ove ne ricorra l'opportunità la D.L. richiederà l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari, secondo quanto precisato al punto 2.4.2.

#### b) Salvaguardia ambientale

Gli interventi con finalità impermeabilizzanti non dovranno modificare le condizioni idrologiche del sottosuolo all'esterno delle aree immediatamente adiacenti ai trattamenti.

E' consentito esclusivamente l'impiego di prodotti stabili nel tempo, e che non cedano al terreno ed alle falde circostanti liquidi residuali inquinanti. Di norma quindi è fatto divieto all'uso di soluzioni colloidali e di reagenti organici.

#### c) Controllo degli stati tenso-deformativi

I procedimenti di iniezione dovranno essere definiti ed applicati in modo da evitare che abbiano luogo modificazioni indesiderate dello stato di deformazione e dello stato di sollecitazione su opere vicine.

### 2. PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI

I prodotti ed i procedimenti esecutivi prescelti dovranno essere preventivamente comunicati dall'Impresa alla D.L.

Se richiesto dalla D.L., in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, l'idoneità delle miscele e dei procedimenti sarà verificata mediante l'esecuzione di prove preliminari.

### 3. TOLLERANZE

I fori di iniezione dovranno essere realizzati nella posizione e con le inclinazioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- coordinate piano-altimetriche  $\pm 5$  cm
- scostamento dall'asse teorico  $\pm 2\%$
- lunghezza  $\pm 15$  cm

#### 4. MATERIALI

Le prescrizioni che seguono sono integrative di quelle di cui alla Cat. Opere in Conglomerato Cementizio che si intendono quindi integralmente applicabili.

Il cemento impiegato dovrà essere scelto in relazione alle esigenze di penetrabilità ed alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno.

Si utilizzerà acqua chiara di cantiere, dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o di solfati, non inquinata da materie organiche, o comunque annose alla idratazione dei leganti utilizzati. E' ammesso l'uso di additivi stabilizzanti, disperdenti e/o fluidificanti. Le schede tecniche dei prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere preventivamente consegnate alla D.L. per opportuna informazione.

##### a) Miscele cementizie normali

###### a.1) Dosaggi

Di norma le miscele cementizie di iniezione per i trattamenti di impregnazione saranno preparate adottando un dosaggio in peso dei componenti tale da soddisfare un rapporto cemento/acqua:

$$0.2 \leq c/a \leq 0.6$$

con impiego di additivi stabilizzanti e disperdenti; per ottenere la stabilizzazione potrà essere utilizzato un agente colloidale, ad esempio bentonite, con rapporto:

$$0.01 \leq b/a \leq 0.04$$

per i trattamenti di intasamento di rocce fessurate il dosaggio c/a può variare nell'intervallo:

$$0.4 \leq c/a \leq 1.4$$

###### a.2) Caratteristiche reologiche

Le miscele cementizie dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- viscosità Marsh  $35 \div 45$  secondi
- viscosità apparente  $10 \div 20$  cP
- rendimento volumetrico (per miscele stabili)  $\geq 95\%$

##### b) Miscele con cementi microfini

###### b.1) Caratteristiche dei cementi e dosaggi

Le miscele con cementi microfini saranno ottenute a seguito di processi di produzione tali da aumentare la finezza del cemento fino a valori dell'ordine di  $8500 \div 12000$  cm<sup>2</sup>/g (Blaine). I processi di macinazione e separazione dovranno quindi consentire di ottenere un fuso granulometrico delle particelle solide presenti nella sospensione caratterizzata dai seguenti valori:

$$D_{98} = 10 \div 20 \text{ um}$$

$$D_{50} = 3 \div 5 \text{ um}$$

La granulometria sarà determinata con porosimetri a mercurio o apparecchiature di equivalente precisione. Il dosaggio, in relazione agli impieghi, potrà variare nell'intervallo:  $0.5 \leq c/a \leq 0.6$

E' ammesso l'impiego di eventuali additivi disperdenti e fluidificanti inorganici.

###### b.2) Caratteristiche reologiche

Le miscele con cementi microfini dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- Viscosità Marsh  $27 \div 30$  secondi
- Rendimento volumetrico  $\geq 95\%$

#### Controlli e documentazione

Le miscele confezionate in cantiere saranno di norma sottoposte alle seguenti tipologie di controllo:

- Peso specifico;
- Viscosità Marsh;
- Decantazione o resa volumetrica;
- Viscosità apparente (Rheometer);
- Pressofiltrazione;
- Tempo di presa;
- Prelievo di campioni per prove di permeabilità e di compressione.

La frequenza delle prove è indicata nel "Controllo Qualità".

Il peso specifico dovrà risultare pari ad almeno il 95% di quello teorico, calcolato assumendo  $3 \text{ g/cm}^3$  il peso specifico del cemento. Nelle prove di decantazione l'acqua separata il 24 ore non dovrà superare il 5% in volume per le miscele stabili.

## 5. MODALITÀ ESECUTIVE

### a) Perforazione

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercussione, con circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto. Il diametro di norma sarà non superiore a 100 mm.

Nel caso di fori stabili, ad esempio in rocce non eccessivamente fratturate, il rivestimento potrà essere in parte o in tutto omesso.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate.

I fluidi di perforazione potranno essere costituiti da:

- Acqua;
- Fanghi bentonitici o cementizi;
- Aria, nel caso di perforazione a rotopercussione con martello a fondo foro, o in altri casi proposti dall'Impresa.

### b) Allestimento dei fori di iniezione

Completata la perforazione si provvederà a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione.

Si provvederà quindi ad inserire la canna di iniezione, in PVC o metallica,  $\varnothing 1\frac{1}{2} \div 2$ , munita di valvole di non ritorno del tipo a "manchettes", fino a raggiungere la profondità di progetto; numero e passo delle valvole dovranno essere conformi a quanto indicato in progetto. La canna valvolata dovrà essere prolungata fino a fuoriuscire a boccaforo per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione.

Non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di iniezione, si procederà immediatamente alla cementazione del foro (iniezione di "guaina", iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e la canna stessa. Contemporaneamente si procederà all'estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettueranno i necessari rabbocchi di miscela cementizia.

In alternativa, per fori non rivestiti e previa comunicazione alla D.L. si formerà dapprima la guaina, facendo circolare miscela attraverso le aste di perforazione, e quindi si inserirà la canna di iniezione. Per la formazione della guaina di norma si utilizzerà una miscela cementizia di composizione uguale a quella prevista per il trattamento di iniezioni. E' ammesso l'impiego o l'aumento della dose di bentonite per favorire la successiva rottura della guaina.

Completata l'iniezione di guaina si provvederà a lavare con acqua il cavo interno della canna.

### c) Preparazione delle miscele

Le miscele saranno confezionate utilizzando impianti a funzionamento automatico e semiautomatico, costituiti dai seguenti principali componenti:

- Bilance elettroniche per componenti solidi;
- Vasca volumetrica per acqua;
- Mescolatore primario ad elevata turbolenza, min. 1500 giri/min.;
- Vasca di agitazione secondaria e dosatori volumetrici.

Gli impianti di preparazione delle miscele con cementi microfini saranno inoltre attrezzati in relazione alle varie caratteristiche tecnologiche di produzione, con dispositivi di macinazione e separazione in grado di aumentare la finezza dei cementi.

A valle degli impianti di produzione saranno disposti gli iniettori, in numero sufficiente ad alimentare i vari fori di iniezione contemporaneamente utilizzati. Gli iniettori saranno costituiti da pompe oleodinamiche a pistoni aventi le seguenti caratteristiche minime:

- Pressione max di iniezione  $\geq 100 \text{ bar}$
- Portata max  $2 \div 4 \text{ m}^3 \text{ ora}$
- Max pistonate/minuto  $\geq 60$

Le caratteristiche delle attrezzature che si prevede di utilizzare dovranno essere preventivamente comunicate alla D.L., specificando in particolare alesaggio o corsa dei pistoni.

### d) Iniezione

Trascorso un periodo di 24 ÷ 36 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo all'esecuzione delle iniezioni selettive, a pressioni e volumi controllati, in conformità alle indicazioni di progetto.

d.1) Trattamento di impregnazione

Si procederà valvola per valvola, a partire al fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione. Ottenuta l'apertura della valvola, si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto. Per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

Nei trattamenti di impregnazione l'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiore a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

La distanza minima tra due fori iniettati contemporaneamente dovrà essere determinata in relazione alle pressioni di iniezione in modo da provocare indesiderati inconvenienti, quali sollevamenti nelle adiacenze o comunicazioni tra fori o colonne vicine, non ancora indurite. A tal fine l'Impresa, sulla base anche delle prove preliminari, dovrà studiare la corretta sequenza di esecuzione.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione, o viceversa, la valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore.

Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno del tubo d'armatura.

d.2) Trattamenti di intasamento

Saranno eseguiti in conformità con le modalità e le indicazioni date nel progetto di intervento. Ove previsto le iniezioni potranno essere realizzate anche in fase unica, in risalita o in avanzamento, attraverso le aste di perforazione.

d.3) Trattamenti di ricompressione

Verificato l'esatto posizionamento delle valvole, si darà luogo alle iniezioni utilizzando portate e pressioni atte a produrre la fratturazione idraulica del terreno, registrando opportunamente la pressione di picco e la successiva pressione di alimentazione della frattura. L'iniezione sarà arrestata al raggiungimento dei previsti volumi di miscela cementizia.

d.4) Controlli e documentazione

Per ogni foro eseguito ed iniettato l'Impresa dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- Del foro e data di esecuzione;
- Lunghezza della perforazione modalità di esecuzione della perforazione:
  1. utensile
  2. fluido
  3. rivestimenti
- caratteristiche della canna di iniezione (n., passo e posizione delle valvole);
- volume dell'iniezione di guaina;
- tabelle delle iniezioni selettive indicanti per ogni valvola e per ogni fase:
  1. data
  2. pressioni di apertura
  3. volumi di assorbimento
  4. pressioni raggiunte
- caratteristiche della miscela utilizzata:
  1. composizione
  2. peso specifico
  3. viscosità Marsh
  4. rendimento volumetrico o decantazione
  5. dati di identificazione dei campione prelevati per le successive prove di laboratorio

**Art. 58 - PANNELLI DI RETE RINFORZATA CON FUNI**

In progetto è previsto un intervento di rafforzamento corticale comprendente la fornitura e posa in opera di rete metallica rinforzata con funi a costituire una maglia 4.00 m x 4.00 m, oltre il rafforzamento mediante funi diagonali adeguatamente ancorate alla parete, costituita da:

- pannelli di rete metallica a doppia torsione di larghezza 2.00 m in filo metallico tipo C ricotto (UNI 3598), con diametro 3,00 mm zincato, maglie esagonali 80 x 100 mm;
- funi metalliche verticali d = 10 mm di armatura del collegamento dei pannelli di rete mediante a-

- nelli di giunzione in acciaio con frequenza di uno ogni 50 cm, poste ad interasse di 2,00 m;
- realizzazione alla sommità, al piede e lungo la pendice, di ancoraggi secondo una maglia regolare di 4.00 m x 4.00 m, da barre metalliche Fe B 44k ad aderenza migliorata  $d = 24$  mm, di lunghezza complessiva 3.00 m, adeguatamente fissate con miscela cementizia additivata con espansivo, in foro  $d \geq 45$  mm;
- funi metalliche con carico di rottura  $\geq 150$  kN con diametro pari a  $d = 12$  mm con orditura orizzontale ad interasse di 4.00 m circa;
- funi metalliche con carico di rottura  $\geq 150$  kN con diametro  $d = 16$  mm alla sommità della parete e  $d = 12$  mm al piede della parete, passanti nelle asole degli ancoraggi, compreso il sistema di bloccaggio d'interruzione (ogni 3 pannelli di rete) ed il sistema di bloccaggio passante, ed attrezzata al piede con sistema di rapido svuotamento realizzato mediante asola della fune e morse tipo deka;
- funi metalliche di armatura del reticolo con carico di rottura  $> 150$  kN disposta secondo le diagonali della maglia 4.00 m x 4.00 m di diametro  $d = 12$  mm passante negli occhielli degli ancoraggi.

Compreso la fornitura di tutti i materiali e l'onere per il trasporto dei materiali sui luoghi d'impiego con ogni mezzo, il lavoro eseguito in cordata da personale specializzato lungo pendici comunque acclivi, la formazione in opera delle asole delle funi, nonché l'esecuzione delle perforazioni degli ancoraggi eseguiti in cordata, la fornitura delle barre attrezzate per il contenimento delle funi d'armatura e della miscela per l'intasamento, opportunamente additivata e nelle quantità necessarie per la cementazione degli ancoraggi indicate dalla D.L.; compresa, altresì, la fornitura e posa in opera della minuteria di completamento, quali morsetti, radance e manicotti pressati, per dare l'opera eseguita a perfetta regola d'arte.

#### **Art. 59 - PANNELLI DI FUNI DI ACCIAIO**

L'intervento di progetto comprende la fornitura e posa in opera di rete ad alta resistenza, da collocare su pareti rocciose di qualsiasi altezza ed inclinazione da parte di esperti rocciatori, costituita da pannelli rettangolari 5,00 m x 3,00 m, ovvero quadrati 4,00 m x 4,00 m, comprendenti:

- rete a maglia romboidale di cm 30 x cm 30 in funi di acciaio del diametro di mm 8 in fili di acciaio con resistenza del filo elementare non inferiore a 190 kg/mm<sup>2</sup>;
- fune in acciaio da disporre lungo il perimetro di ciascun pannello, di lunghezza non inferiore a m 16 per ciascun pannello, intrecciata, per il collegamento di pannelli adiacenti, con la rete a maglia romboidale innanzi descritta, del diametro minimo di mm 16 con resistenza del filo elementare non inferiore a 1.770 MPa e carico di rottura di ciascuna fune non inferiore a 176,5 kN (fune  $\phi 16$  mm a 222 fili + anima tessile); la chiusura di tale fune per il completamento del perimetro del pannello deve essere realizzata mediante la sovrapposizione della fune per una lunghezza non inferiore a m 1,00 e la posa in opera di n. 3 morsetti di adeguato carico di rottura; il collegamento tra tale fune e gli ancoraggi alla parete rocciosa, posti ai vertici di ciascun pannello, da compensarsi a parte con apposita voce, deve essere realizzato mediante il passaggio della fune in argomento attraverso i golfari di cui sono dotati gli ancoraggi: in tal modo tutte le forze che agiscono sui pannelli di rete vengono trasmesse alla fune perimetrale, che a sua volta le trasferisce ai vincoli strutturali, gli ancoraggi disposti alle estremità dei pannelli. Comprese graffe a doppio guscio chiuse a pressione ai nodi;
- tiranti di ancoraggio del tipo "a bulbo iniettato" con armature in barre in acciaio ad alta resistenza  $\phi 15$  mm, della lunghezza di m 6,00.

#### **Art. 60 - ISPEZIONE DELLA PARETE ROCCIOSA**

Lavorazione eseguita a mezzo di manodopera specializzata (rocciatori), lavorando in cordata con tecniche alpinistiche, comprendente l'asportazione della vegetazione (scerbatura) e l'asportazione di elementi lapidei di piccole dimensioni in precarie condizioni di stabilità. A carico dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto sarà anche il trasporto del materiale di risulta al luogo di accatastamento ed ogni altro onere per la corretta esecuzione dei lavori conformemente a quanto previsto nel piano di sicurezza.

Sono, altresì, a carico dell'Esecutore il rilievo di dettaglio dal quale si evince l'estensione dell'area indagata e le foto prima e dopo l'intervento di scerbatura e disaggio.

#### **Art. 61 - DISGAGGIO E FRANTUMAZIONE DI ELEMENTI LAPIDEI DI PICCOLE DIMENSIONI CON MEZZI MECCANICI**

La lavorazione consiste nel disgreggio previa eventuale frantumazione mediante mezzi meccanici, da eseguirsi a qualsiasi altezza dal suolo, anche operando in cordata con tecniche alpinistiche, di volumi di roccia di dimensioni superiori a 0,01 mc, compreso il trasporto del materiale di risulta al luogo di accatastamento indicato dalla D.L. Sono compresi e compensati nel prezzo tutti gli oneri, magisteri, trasporti ed uso di attrezzature derivanti dall'esecuzione delle lavorazioni, a qualunque altezza in pareti rocciose anche subverticali e/o strapiombanti. Compreso, altresì, quant'altro occorra per dare l'opera finita a regola d'arte, secondo le disposizioni della D.L.

#### **Art. 62 - DISGREGAZIONI DI ELEMENTI LAPIDEI CON ESPANSIVI CHIMICI**

La lavorazione consiste nella frantumazione da eseguirsi a qualsiasi altezza dal suolo, anche operando in cordata con tecniche alpinistiche, di elementi lapidei indicati in progetto o segnalati dalla D.L., mediante miscela chimica espansiva versata a gravità in perforazioni, eseguite con attrezzature a rotopercolazione, variamente inclinate, di diametro non inferiore a 38 mm e lunghezza pari a circa l'80% dello spessore del masso, disposte ai vertici di una maglia regolare di lato non superiore a 0,25 m. L'operazione dovrà essere ripetuta qualora, dopo il 1° ciclo di perforazioni, si ottengano uno o più frammenti di volume superiore a 0,01 mc. Le operazioni di perforazione dovranno essere precedute dalla messa in sicurezza del masso, con imbracatura provvisoria con rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale del tipo 8 x 10 cm, tessuta con filo di acciaio a forte zincatura con diametro interno min. di 3,0 mm, debitamente tesa per garantirne l'aderenza alla superficie del masso durante la fase di frantumazione, ed ancorata lungo il contorno mediante ancoraggi metallici ad espansione in acciaio zincato posti ad interasse non maggiore di 0.5 m, o con sistema equivalente preventivamente approvato dalla D.L. Il materiale frantumato e le reti di protezione dovranno essere raccolti e trasportati al piede o alla cresta della parete, per mezzo di apposito argano motorizzato, e accatastati nei luoghi indicati dalla D.L. Sono a carico dell'Esecutore tutti gli oneri, magisteri, trasporti ed uso di attrezzature derivanti dall'esecuzione delle lavorazioni, a qualunque altezza in pareti rocciose anche subverticali e/o strapiombanti.

Sono, altresì, a carico dell'Esecutore: la monografia di ciascun blocco da disgregare, cioè il disegno di rilievo con indicazione del volume, le foto prima e dopo la frantumazione e l'ubicazione sul fronte roccioso.

#### **SU STRADA O PENDIO**

Nel caso di frantumazione da eseguirsi in strada o pendio, in condizioni di facile accessibilità, di volumi di roccia di dimensioni superiori a 0.25 mc, si potranno utilizzare mezzi meccanici e ricorrere eventualmente come ausilio all'impiego di miscela chimica espansiva a base calcica versata a gravità in perforazioni.

Le perforazioni saranno eseguite sempre con attrezzature a rotopercolazione, variamente inclinate, di diametro non inferiore a 38 mm e lunghezza pari a circa il 70% dello spessore del masso, disposte ai vertici di una maglia regolare. L'operazione dovrà essere ripetuta qualora, dopo la prima fase di frantumazione, si ottengano uno o più frammenti di volume di difficile e gravosa movimentazione.

l dovrà preveder comunque una eventuale messa in sicurezza del masso, prima delle operazioni di perforazione, con imbracatura provvisoria con funi di acciaio fi 12 mm e rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale del tipo 8 x 10 cm, tessuta con filo di acciaio a forte zincatura con diametro interno min. di 3.0 mm, debitamente tesata per garantirne l'aderenza alla superficie del masso.

Si intendono altresì compresi l'apertura graduale di detta eventuale imbracatura provvisoria, la sua rimozione e la raccolta del materiale frantumato ed il loro accatastamento nei luoghi indicati dalla D.L. Sono compresi e compensati nel prezzo e tutti gli oneri, magisteri, trasporti ed uso di attrezzature derivanti dall'esecuzione delle lavorazioni e quant'altro occorra per dare l'opera finita a regola d'arte, secondo le disposizioni della D.L.

#### **Art. 63 - SIGILLATURA DI SUPERFICI DI DISCONTINUITA' DELLA PARETE ROCCIOSA**

Opera eseguita a mezzo di manodopera specializzata da ponteggio o lavorando in cordata con tecniche alpinistiche, comprendente l'intasamento a bassa pressione di superfici di discontinuità della roccia con miscele di malta cementizia preparata con additivi fluidificanti e di compensazione del ritiro. A carico dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto sarà anche la fornitura delle miscele, degli additivi e di ogni altro materiale secondo le indicazioni della D. L. per dare l'opera eseguita a perfetta regola d'arte conformemente a quanto previsto nel piano di sicurezza. E', altresì, a carico dell'Impresa la eventuale rifinitura con schegge di roccia identica a quella del fronte lapideo.

#### Art. 64 - BARRIERA PARAMASSI

Le barriere paramassi previste in progetto, del tipo ad elevato assorbimento di energia, sono in grado di bloccare elementi lapidei in caduta dai costoni rocciosi aventi energia all'impatto con l'opera di intercettazione non inferiore a 2.000 kJ. Tale valore energetico rappresenta il M.E.L., ossia il "massimo livello di energia" delle barriere, che tuttavia devono essere caratterizzate da un S.E.L., ossia da un "livello di energia di servizio", non inferiore a 1.000 kJ: la barriera deve essere, cioè, in grado di resistere a due successivi impatti di blocchi con energia di 1.000 kJ mantenendo la propria funzionalità, ossia senza danni alle parti strutturali e con altezza residua non inferiore al 70% di quella di riferimento.

Va evidenziato che la caratterizzazione di una barriera paramassi ad elevato assorbimento di energia con due differenti valori energetici, uno relativo allo stato limite ultimo dell'elemento di intercettazione (M.E.L.), l'altro riguardante lo stato di servizio (S.E.L.), è stato mutuato dalle ETAG 27, a cura dell'EOTA (*European Organization for Technical Approvals*): si tratta delle linee guida per il Benestare Tecnico Europeo di Sistemi di Protezione Paramassi.

Per il ripristino della situazione ante caduta massi dai fronti rocciosi, è stata prevista una tipologia di barriere con altezza di intercettazione pari a 4 m..

La barriera paramassi in esame è ad elevato assorbimento di energia di V classe fino a 2000 KJ di H = m 4,00 E devono essere in grado di resistere all'urto di un corpo roccioso animato di un'energia cinetica di 2000 KJ con un'altezza di intercettazione non inferiore a m 4. Il valore energetico di 2000 kJ rappresenta il M.E.L. ossia il massimo livello di energia che la barriera è in grado di dissipare. La stessa barriera deve essere caratterizzata da un S.E.L., livello energetico di esercizio, pari a circa 700 kJ, ossia deve essere in grado di resistere a successivi impatti con blocchi di energia non inferiore a 700 kJ senza rotture delle parti strutturali e mantenendo un'altezza utile residua pari almeno al 70% di quella di intercettazione.

Le caratteristiche energetiche di M.E.L. e S.E.L. si riferiscono al complesso degli elementi costituenti la barriera ( a ) + b ) + c ) di cui di seguito) e dovranno essere certificate mediante collaudo dinamico (crash-test) in scala reale, eseguito in accordo alle prescrizioni codificate della ETAG 27, a cura della EOTA, con riferimento alle due altezze di intercettazione di progetto.

La barriera paramassi dovrà essere progettata e prodotta in regime di qualità ai sensi della norma UNI ISO 9001: 2000 e dovrà essere composto da:

a) una struttura di intercettazione chela ha la funzione di sostenere l'impatto diretto del blocco deformandosi in modo elastico e/o plastico, e di trasmettere le tensioni alle strutture di connessione, di supporto e di fondazione. Si compone di:

- pannelli di rete principale in funi con orditura a maglia quadra, romboidale o ad anelli concatenati costituiti di cavi metallici, fili e/o barre di diverso tipo e materiale;
- strati aggiuntivi alla rete principale, ad essa sovrapposta, caratterizzati da una maglia a intreccio più fine rispetto alla rete principale per arrestare il moto di piccoli elementi lapidei, costituiti di cavi, fili metallici e altro;

b) una struttura di supporto che ha la funzione di mantenere ben tesa la struttura di intercettazione, per sua natura non rigida. Può essere collegata alla struttura di intercettazione direttamente o attraverso una struttura di connessione. E' costituita di montanti, che possono essere di diversi materiali (in genere acciaio) sia tubolari che in profilati HEA, HEB, IPE, ecc, disposti ad interasse non superiore a 10,00 mt, geometrie e lunghezze, provvisti di perno nella base, cioè di un sistema di vincolo del piedritto alla fondazione tramite cerniera almeno unidirezionale;

c) elementi di connessione che hanno la funzione di trasmettere le tensioni alle fondazioni durante l'impatto con il blocco e/o mantenere le strutture di intercettazione in posizione. Si tratta di funi, cavi di acciaio, fili e/o barre di diverso tipo e materiale, raccordi, ganasce, dispositivi per l'assorbimento e la dissipazione dell'energia formati da dissipatori o freni disposti sui controventi o sul perimetro della struttura di intercettazione. Le giunzioni delle funi metalliche vanno eseguite con modalità e morsetatura a norma UNI EN 13411 o tramite manicotto metallico pressato in officina;

d) una struttura di fondazione

Le fondazioni dei montanti saranno plinti in c.a. delle dimensioni ed armature indicate negli elaborati di progetto ovvero tirafondi in barre di acciaio ad alta resistenza fi 26, 5 mm L = 3,00 m di ancoraggio della piastra di base, a seconda del tipo di terreno in affioramento nel sito di installazione della barriera. La struttura di fondazione degli elementi di connessione è costituita da ancoraggi in doppia fune spiroidale zincata UNI 7690, del diametro di 24 mm per i controventi di monte e laterali e di 20 mm per quelli di valle (se presenti), aventi classe di resistenza 1570 N/mm<sup>2</sup>. Tali ancoraggi devono essere protetti sia contro la corrosione che dal punto di vista meccanico. Il prezzo si intende remunerativo per le lunghezze dei tiranti di ancoraggio indicate in progetto e per il relativo diametro di perforazione, ivi compreso l'eventuale rivestimento del foro in caso di terreni detritici incoerenti.

La struttura di fondazione dovrà comunque rispondere alle forze che si prevede agiscano durante l'impatto e dovrà essere avere dimensioni adeguate alle caratteristiche geologiche e geotecniche del sito.

A tal fine prima dell'esecuzione dei lavori la D.L. potrà ordinare a spese dell'Impresa appaltatrice l'esecuzione di saggi in sito per la verifica dei terreni/rocce di fondazione nonché prove di tiro e sfilaggio su tiranti al fine di definire le caratteristiche delle fondazioni dei montanti e dei controventi laterali e di valle.

Nelle cementazioni si raccomanda l'impiego di una miscela acqua –cemento con additivo tipo "flow-cable" da aggiungere in misura del 6% rispetto al peso del cemento, pompando la miscela dal fondo del foro fino a rifiuto.

Tutte le parti metalliche devono essere protette a mezzo di zincatura; per quanto riguarda la carpenteria secondo la normativa UNI EN ISO 1461, per le funi metalliche secondo la normativa UNI 7304/74 o DINB 2078 e per le componenti metalliche minori secondo la normativa UNI ISO 2081/89.

La direzione dei lavori potrà ordinare durante il corso dei lavori o al termine degli stessi tutte le prove di verifica dimensionale di resistenza e di zincatura dei vari materiali che riterrà necessario effettuare nonché della eventuale verniciatura protettiva contro l'ossidazione dei profilati metallici e di tutte le parti metalliche.

Sono a carico dell'Impresa appaltatrice gli oneri per la realizzazione delle fondazioni dei montanti e per la realizzazione delle fondazioni ed ancoraggi, la posa in opera in qualsiasi situazione di terreno, le eventuali piste di accesso ai luoghi e la loro eventuale dismissione al termine delle lavorazioni, la preventiva preparazione del piano di posa, il taglio delle piante e cespugli di qualsiasi dimensione ed altezza, gli scavi, le certificazioni, le polizze rischio, il rilievo topografico dell'area di intervento.

Nel caso in cui l'area sede delle barriere ricada nell'ambito di Riserve naturali si avrà cura di non dismettere piante di importanza e pregio naturalistici previa indicazione dell'Ente gestore della riserva e di realizzare eventuali piste di accesso nel rispetto del Regolamento della riserva stessa.

Sono altresì compresi gli oneri per l'esecuzione delle prove di estrazione che dovranno essere eseguiti su almeno un ancoraggio (di monte o laterale) per ogni tratta di barriere prevista ed ogni qualvolta i terreni presentino significative variazioni geologiche e quanto altro occorra per dare i lavori finiti a perfetta regola d'arte secondo le prescrizioni progettuali.

In corso d'opera il Direttore dei Lavori dovrà preliminarmente accertarsi che la barriera proposta dell'impresa risponda in modo corretto alle condizioni progettuali, che sia stata certificata sulla base della normativa vigente e che sia stata adeguatamente verificata strutturalmente. In dettaglio dovrà verificare che:

- la barriera sia stata sottoposta a prove in vera grandezza che rispettino la normativa vigente;
- i livelli energetici della barriera (M.E.L. e S.E.L.) siano compatibili con quelli previsti in sede di progetto;
- la barriera sia stata verificata mediante un adeguato calcolo strutturale basandosi sulle risultanze di prove sperimentali;
- la geometria di montaggio in sito sia stata verificata mediante adeguati calcoli strutturali qualora sia difforme, in modo significativo, alla geometria adottata nel campo prove (ad esempio, altezza di intercettazione inferiore a quella del "crash test");
- il dimensionamento delle fondazioni tenga conto delle risultanze dei calcoli strutturali, dei risultati delle prove di certificazione, delle indagini geotecniche sui materiali di fondazione e dei risultati delle prove sperimentali di trazione;
- i materiali e le tipologie dei componenti siano quelle previste dal produttore.

#### **Art. 65 – SOTTOMURAZIONI IN C.A.**

Si prevede la realizzazione di sottomurazioni di blocchi lapidei in condizioni di stabilità precaria per effetto di scalzamento del terreno/roccia presente alla sua base, specie per effetto del dilavamento dovuto alle piogge.

La sottomurazione sarà realizzata con cls debolmente armato con reti elettrosaldate, previa pulizia della base e sua livellatura con miscela autolivellante ed infissione di spezzoni di barre di acciaio di apposito diametro sulla superficie di base al fine di migliorare la resistenza del blocco di cls.

Occorre assicurare un adeguato copriferro anche riguardo al degrado provocato da effetti meccanici dell'impatto di blocchi rocciosi.

La miscela autolivellante, da impiegare a impiegare esclusivamente per riempimento di cavità confinate, dovrà essere a resistenza controllata e confezionato con 1 mc di sabbia, cemento tipo 325 con dosatura non inferiore a 60 kg per metro cubo di impasto, con additivo aerante nella misura di 1 lt/mc, avente resistenza caratteristica a 28 gg. non inferiore a 1.5 MPa (15 kg/cmq), compresi gli oneri per il versamento o pompaggio all'interno di tubi di idonei diametro e lunghezza ed ogni altro onere per dare il conglomerato in opera a qualsiasi altezza da terra ed il lavoro eseguito a perfetta regola d'arte.

Per ragioni di sicurezza potrà essere eseguito prima l'imbracaggio del masso.

Le casseforme da utilizzare sono quelle per getti di conglomerati semplici o armati, di qualsiasi forma e dimensione, date in opera a qualsiasi altezza da terra, operando, se necessario, in cordata mediante tecniche di progressione su corda, escluse le strutture intelaiate in c.a. e le strutture speciali, realizzate o con legname o con pannelli in lamiera monolitica di acciaio rinforzati, di idoneo spessore, compresi piantane (o travi), morsetti a ganascia, morsetti tendifilo e tenditori, cunei bloccaggio e compreso, altresì, ogni altro onere e magistero per controventature, disarmo, pulitura e accatastamento del materiale, il tutto eseguito a perfetta regola d'arte.

Per la realizzazione di drenaggi potranno essere inseriti nel getto delle sottomurazioni spezzoni di tubazione in pvc del diametro di 100 mm, secondo le lunghezze previste, da disporre prima del getto di cls entro le sagomature realizzate nella rete elettrosaldata di armatura.

Occorre controllare nel tempo con attenzione l'integrità della struttura individuando la presenza di eventuali anomalie quali fessurazioni, disgregazioni, distacchi, riduzione del copriferro ed esposizione dei ferri di armatura a processi di corrosione nonché lo stato del calcestruzzo,

Per motivi di natura estetica, specie in zone soggette a vincoli di natura paesaggistica ed ambientale si procederà infine al rivestimento con scaglie di pietra naturale della superficie a vista.

La tipologia ed il colore delle scaglie di pietra dovranno essere analoghe a quella della roccia naturale in posto.

## **Art. 66 – RINFORZO DI SCARPATE ROCCIOSE**

### **Art. 66.1 – Geogriglie per rinforzo di terreni**

Trattasi della fornitura e posa in opera di geogriglie bi-orientate in polipropilene, per applicazioni di rinforzo dei terreni, base dei rilevati e realizzazione di terre rinforzate, e per applicazioni conformi alle norme EN 13249, EN 13250, EN 13251, EN 13253, EN 13254, EN 13255, EN 13257 ed EN 13265, per durata delle opere almeno fino a 50 anni. Ogni fornitura dovrà essere documentata da una dichiarazione di conformità secondo le modalità previste dalla norma EN 45014. Il materiale fornito, come previsto dalle norme tecniche europee, (direttiva 89/106/CEE e mandato M/107), dovrà essere dotato di marcatura CE per il tipo di applicazione prevista. La geogriglia fornita in rotoli, in conformità a quanto previsto dalla norma EN 10320 ogni rotolo dovrà essere provvisto di etichetta indicante il nome del prodotto, le dimensioni, la data di produzione ed il codice di produzione, e sarà collocata con sormonti di almeno 30 cm, e l'ausilio di una cassaforma mobile o a perdere, che risulta compresa nel prezzo, con una georete, da compensarsi a parte, per il contenimento del terreno vegetale collocato sul paramento esterno e dietro la geogriglia, anche questo da compensarsi a parte come il materiale di riempimento della terra rinforzata. Le prestazioni minime della geogriglia, stabilite secondo la norma EN 10319, ai fini del calcolo allo stato limite ultimo (SLU) saranno corrispondenti a quelle riportate per le varie tipologie.

È compreso nella lavorazione tutto quanto altro occorre per dare il materiale collocato in opera a perfetta regola d'arte, compresi gli sfridi e sormonti per sovrapposizioni.

La geogriglia deve possedere le seguenti caratteristiche meccaniche:

- allungamento a rottura < o uguale all'11%
- resistenza di 20 KN
- resistenza a trazione al 2% e 5% di allungamento inferiore a valori compresi fra intervalli variabili fra 7 e 14; 10,5 e 21 e fra 14 e 28 KN/m.

Sono comprese le geogriglie costituite da nastri estrusi di poliestere, per applicazioni di rinforzo dei terreni, base dei rilevati e realizzazione di terre rinforzate, e per applicazioni conformi alle norme EN 13249, EN 13250, EN 13251, EN 13253, EN 13254, EN 13255, EN 13257 ed EN 13265, per durata delle opere almeno fino a 100 anni. Ogni fornitura dovrà essere documentata da una dichiarazione di conformità secondo le modalità previste dalla norma EN 45014. Il materiale fornito, come previsto dalle norme tecniche europee, (direttiva 89/106/CEE e mandato M/107), dovrà essere dotato di marcatura CE per il tipo di applicazione prevista. La geogriglia fornita in rotoli, in conformità a quanto previsto

dalla norma EN 10320 ogni rotolo dovrà essere provvisto di etichetta indicante il nome del prodotto, le dimensioni, la data di produzione ed il codice di produzione, e sarà collocata con sormonti di almeno 30 cm, e l'ausilio di una cassaforma mobile o a perdere, che risulta compresa nel prezzo, con una georete, da compensarsi a parte, per il contenimento del terreno vegetale collocato sul paramento esterno e dietro la geogriglia, anche questo da compensarsi a parte come il materiale di riempimento della terra rinforzata. Le prestazioni minime della geogriglia, stabilite secondo la norma EN 10319, ai fini del calcolo allo stato limite ultimo (SLU) saranno corrispondenti a quelle riportate per le varie tipologie. Ai fini del calcolo allo stato limite d'esercizio (SLE) la geogriglia dovrà possedere una deformazione post costruttiva compresa tra 1 mese e 100 anni inferiore all'1%; tale dato dovrà essere valutabile mediante il grafico delle curve isocrone specifico della geogriglia in corrispondenza del 60% della resistenza ultima UTS. Al fine di soddisfare la vita nominale di progetto secondo le vigenti norme sulle costruzioni, il materiale dovrà possedere sia la certificazione di un ente certificatore esterno riconosciuto in cui vengano riportate le caratteristiche del rinforzo ed i coefficienti di riduzione da adottare per il dimensionamento allo stato limite ultimo per la durata prevista di 50 e 100 anni.

È compreso nella lavorazione tutto quanto altro occorre per dare il materiale collocato in opera a perfetta regola d'arte, compresi gli sfridi e sormonti per sovrapposizioni.

Le geogriglie devono rispettare le seguenti caratteristiche meccaniche:

- allungamento a rottura non superiore al 6%, con resistenza di 40 kN, valore al 95% di confidenza, resistenza a trazione al 2% e 5% di allungamento medio non inferiore rispettivamente a 17 kN/m e 33 kN/m

- allungamento a rottura non superiore al 6%, con resistenza di 60 kN, valore al 95% di confidenza, resistenza a trazione al 2% e 5% di allungamento medio non inferiore rispettivamente a 26 kN/m e 51 kN/m

- allungamento a rottura non superiore al 6%, con resistenza di 90 kN, valore al 95% di confidenza, resistenza a trazione al 2% e 5% di allungamento medio non inferiore rispettivamente a 42 kN/m e 81 kN/m

- allungamento a rottura non superiore al 6%, con resistenza di 120 kN, valore al 95% di confidenza, resistenza a trazione al 2% e 5% di allungamento medio non inferiore rispettivamente a 48 kN/m e 87 kN/m

- allungamento a rottura non superiore al 6%, con resistenza di 180 kN, valore al 95% di confidenza, resistenza a trazione al 2% e 5% di allungamento medio non inferiore rispettivamente a 72 kN/m e 140 kN/m

Si potranno utilizzare geogriglie costituite in fibra di polivinilalcol nella direzione dell'ordito ed in poliammide nella direzione della trama coperta con rivestimento polimerico, per applicazioni di rinforzo dei terreni, base dei rilevati e realizzazione di terre rinforzate, e per applicazioni conformi alle norme EN 13249, EN 13250, EN 13251, EN 13253, EN 13254, EN 13255, EN 13257 ed EN 13265, per durata delle opere almeno fino a 100 anni. Ogni fornitura dovrà essere documentata da una dichiarazione di conformità secondo le modalità previste dalla norma EN 45014. Il materiale fornito, come previsto dalle norme tecniche europee, (direttiva 89/106/CEE e mandato M/107), dovrà essere dotato di marcatura CE per il tipo di applicazione prevista. La geogriglia fornita in rotoli, in conformità a quanto previsto dalla norma EN 10320 ogni rotolo dovrà essere provvisto di etichetta indicante il nome del prodotto, le dimensioni, la data di produzione ed il codice di produzione, e sarà collocata con sormonti di almeno 30 cm, e l'ausilio di una cassaforma mobile o a perdere, che risulta compresa nel prezzo, con una georete, da compensarsi a parte, per il contenimento del terreno vegetale collocato sul paramento esterno e dietro la geogriglia, anche questo da compensarsi a parte come il materiale di riempimento della terra rinforzata. Le prestazioni minime della geogriglia, stabilite secondo la norma EN 10319, ai fini del calcolo allo stato limite ultimo (SLU) saranno corrispondenti a quelle riportate per le varie tipologie. Ai fini del calcolo allo stato limite d'esercizio (SLE) la geogriglia dovrà possedere una resistenza caratteristica a trazione, ridotta per effetto della deformazione viscosa, non inferiore al 65% del valore di resistenza a trazione indicato nelle varie tipologie, ed una deformazione post costruttiva compresa tra 1 mese e 100 anni inferiore all'1,5%; tale dato dovrà essere valutabile mediante il grafico delle curve isocrone specifico della geogriglia in corrispondenza del 60% della resistenza ultima UTS. Al fine di soddisfare la vita nominale di progetto secondo le vigenti norme sulle costruzioni, il materiale dovrà possedere sia la certificazione di un ente certificatore esterno riconosciuto in cui vengano riportate le caratteristiche del rinforzo ed i coefficienti di riduzione da adottare per il dimensionamento allo stato limite ultimo per la durata prevista di 50 e 100 anni.

La suddetta lavorazione comprende tutto quanto altro occorre per dare il materiale collocato in opera a perfetta regola d'arte, compresi gli sfridi e sormonti per sovrapposizioni.

La geogriglia deve possedere i seguenti requisiti meccanici:

- allungamento a rottura non superiore al 6%
- resistenza di 35 KN e resistenza a trazione al 2% e 3% di allungamento medio non inferiore rispettivamente a 10 e 15 KN/m;
- resistenza di 55 KN resistenza a trazione al 2% e 3% di allungamento medio non inferiore rispettivamente a 15 e 24 KN/m;
- resistenza di 80 KN resistenza a trazione al 2% e 3% di allungamento medio non inferiore rispettivamente a 22 e 34 KN/m;
- resistenza di 110 KN resistenza a trazione al 2% e 3% di allungamento medio non inferiore rispettivamente a 33 e 45 KN/m.

Si utilizzeranno, ove necessario, anche geogriglie costituiti in polietilene ad alta densità, per applicazioni di rinforzo dei terreni, base dei rilevati e realizzazione di terre rinforzate, e per applicazioni conformi alle norme EN 13249, EN 13250, EN 13251, EN 13253, EN 13254, EN 13255, EN 13257 ed EN 13265, per durata delle opere almeno fino a 100 anni. Ogni fornitura dovrà essere documentata da una dichiarazione di conformità secondo le modalità previste dalla norma EN 45014. Il materiale fornito, come previsto dalle norme tecniche europee, (direttiva 89/106/CEE e mandato M/107), dovrà essere dotato di marcatura CE per il tipo di applicazione prevista. La geogriglia fornita in rotoli, in conformità a quanto previsto dalla norma EN 10320 ogni rotolo dovrà essere provvisto di etichetta indicante il nome del prodotto, le dimensioni, la data di produzione ed il codice di produzione, e sarà collocata con sormonti di almeno 30 cm, e l'ausilio di una cassaforma mobile o a perdere, che risulta compresa nel prezzo, con una georete, da compensarsi a parte, per il contenimento del terreno vegetale collocato sul paramento esterno e dietro la geogriglia, anche questo da compensarsi a parte come il materiale di riempimento della terra rinforzata. Le prestazioni minime della geogriglia, stabilite secondo la norma EN 10319, ai fini del calcolo allo stato limite ultimo (SLU) saranno corrispondenti a quelle riportate per le varie tipologie. Ai fini del calcolo allo stato limite d'esercizio (SLE) la geogriglia dovrà possedere una resistenza caratteristica a trazione, ridotta per effetto della deformazione viscosa, non inferiore al 47% del valore di resistenza a trazione indicato nelle varie tipologie, ed una deformazione post costruttiva compresa tra 1 mese e 100 anni inferiore all'1,5%; tale dato dovrà essere valutabile mediante il grafico delle curve isocrone specifico della geogriglia in corrispondenza del 60% della resistenza ultima UTS. Al fine di soddisfare la vita nominale di progetto secondo le vigenti norme sulle costruzioni, il materiale dovrà possedere sia la certificazione di un ente certificatore esterno riconosciuto in cui vengano riportate le caratteristiche del rinforzo ed i coefficienti di riduzione da adottare per il dimensionamento allo stato limite ultimo per la durata prevista di 50 e 100 anni.

È compreso nella lavorazione tutto quanto altro occorre per dare il materiale collocato in opera a perfetta regola d'arte, compresi gli sfridi e sormonti per sovrapposizioni.

Le geogriglie devono rispettare le seguenti caratteristiche meccaniche:

- allungamento a rottura non superiore all'11,5 %
- resistenza di 45 KN e resistenza a trazione al 2% e 5% di allungamento medio non inferiore rispettivamente a 11 e 25 KN/m;
- allungamento a rottura non superiore al 13 %
- resistenza di 60 KN e resistenza a trazione al 2% e 5% di allungamento medio non inferiore rispettivamente a 17 e 32 KN/m;
- resistenza di 90 KN e resistenza a trazione al 2% e 5% di allungamento medio non inferiore rispettivamente a 26 e 50 KN/m;
- resistenza di 120 KN e resistenza a trazione al 2% e 5% di allungamento medio non inferiore rispettivamente a 34 e 72 KN/m;
- resistenza di 160 KN e resistenza a trazione al 2% e 5% di allungamento medio non inferiore rispettivamente a 45 e 90 KN/m.

#### **Art. 66.2 – Georeti tridimensionali**

Trattasi della fornitura e posa in opera di georeti tridimensionali, per applicazioni in asciutto, formata da filamenti intrecciati o aggrovigliati e/o saldati nei punti di contatto in modo da generare una struttura tridimensionale, da utilizzare per la protezione e la stabilizzazione di scarpate dall'erosione dovuta all'acqua e al vento, per facilitare la germinazione di piante anche su pendii ripidi e realizzare l'armatura del manto erboso. Ogni fornitura dovrà essere documentata da una dichiarazione di conformità se-

condo le modalità previste dalla norma EN 45014. La georete fornita in rotoli, in conformità a quanto previsto dalla norma EN 10320 ogni rotolo dovrà essere provvisto di etichetta indicante il nome del prodotto, le dimensioni, la data di produzione ed il codice di produzione, sarà collocata con un sormonto non inferiore a 15 cm e sarà ancorata al terreno in maniera continua con l'ausilio di tondino in acciaio di diametro almeno 10 mm, posto longitudinalmente sulla rete in direzione perpendicolare alla linea di massima pendenza della scarpata e fissato al terreno tramite picchetti realizzati anch'essi in tondino d'acciaio di pari spessore; in cima alla scarpata da rivestire verrà scavata una trincea di adeguata sezione entro cui verrà ancorata la stuoia per mezzo di picchetti metallici, tale trincea sarà successivamente riempita con terreno. La georete dovrà avere un'ottima protezione contro i raggi U.V., dovrà essere impudrescibile ed atossica, nonché approvata per l'utilizzo a contatto con acqua potabile. Le prestazioni minime della georete, stabilite secondo la norma EN 10319, saranno:

- spessore nominale di almeno 10 - 20 mm;
- un indice alveolare superiore al 90 - 95%;
- peso complessivo della georete non inferiore a 200 - 630 g/m<sup>2</sup> (EN 9864);
- resistenza a trazione longitudinale non inferiore a 0,5 - 120 kN/m;
- resistenza a trazione trasversale non inferiore a 0,3 - 120 kN/m.

La lavorazione comprende tutto quanto altro occorre per dare il materiale collocato in opera a perfetta regola d'arte, compresi gli sfridi e sormonti per sovrapposizioni, escluso l'onere della saturazione con terra vegetale e della semina.

#### **Art. 66.3 – Geocompositi drenanti**

Trattasi di geocomposito con funzione di drenaggio, filtrazione delle acque, separazione, posto a contatto con opere rigide, come muri di contenimento, per le applicazioni come previsto dalle norme EN 13249, EN 13250, EN 13251, EN 13252, EN 13253, EN 13254, EN 13255, EN 13257, EN 13265. Il geocomposito sarà costituito da uno o due geotessili filtranti, le cui caratteristiche rispondono alle norme EN 10319, accoppiato ad un nucleo separatore tridimensionale drenante. Il geocomposito deve essere atossico ed idoneo per l'impiego in presenza di acqua potabile, deve essere posto in opera generalmente a teli interi per tutta la lunghezza fino a completa protezione dell'eventuale tubo collettore (da compensarsi a parte), il collegamento fra due teli adiacenti sarà effettuato tramite delle bande di solo geotessile facenti parte della stuoia fissati con apposite graffette o altro sistema. Le caratteristiche (determinate con le modalità stabilite dalle vigenti norme europee in materia) devono essere accertate e documentate dalla D.L., tutti i prodotti devono essere in possesso della marcatura CE, e la previsione di durabilità minima di 50 anni in terreni naturali come da norma EN 13438. Il geocomposito dovrà garantire le seguenti caratteristiche prestazionali con opzione rigida flessibile (R/F):

- capacità drenante nel piano longitudinale (EN 12958) sotto un carico di 20 kPa e gradiente  $i=1 \leq 0,40 - 2,50 \text{ l/(m*s)}$ ;
- capacità drenante nel piano longitudinale (EN 12958) sotto un carico di 100 kPa e gradiente  $i=1 \leq 1,10 - 2,30 \text{ l/(m*s)}$ .

Il geotessile dovrà garantire le seguenti caratteristiche prestazionali:

- resistenza a trazione longitudinale (MD) (EN 10319)  $\leq 9,0 - 14,0 \text{ kN/m}$ ;
- resistenza a trazione trasversale (CMD) (EN 10319)  $\leq 9,0 - 14,0 \text{ kN/m}$ ;
- allungamento a rottura longitudinale (MD) (EN 10319)  $\leq$  in genere al 50%;
- permeabilità normale al piano (EN 11058)  $\leq 70 - 160 \text{ l/(s* m}^2\text{)}$ ;
- resistenza al punzonamento statico (EN 12236)  $\leq 1,00 - 1,60 \text{ kN}$ .

La lavorazione comprende tutto quanto altro occorre per dare il materiale collocato in opera a perfetta regola d'arte, compresi gli sfridi e sormonti per sovrapposizioni.

#### **Art. 66.4 – Geotessili tessuti**

Trattasi di geotessile tessuto con funzione prevalente di rinforzo, oltre che separazione e filtrazione, idoneo per l'impiego sotto i rilevati e bonifiche anche in terreni medio fini e con carichi medi, idoneo per le applicazioni come previsto dalle norme EN 13249, EN 13250, EN 13251, EN 13252, EN 13253, EN 13254, EN 13255, EN 13256, EN 13257, EN 13265. I teli di geotessile saranno disposti con la direzione longitudinale nel senso della massima sollecitazione (es. in un rilevato stradale il senso di posa deve essere perpendicolare all'asse del rilevato) ed in funzione delle caratteristiche del terreno, per e-

vitare infiltrazione di terreno dal sottofondo i teli dovranno essere collocati con una sovrapposizione minima di 50 cm, o in presenza di terreni molli, cuciti tra loro con filo di idonee caratteristiche e con tecnica di cucitura tale da assicurare una resistenza a trazione della cucitura idonea alla resistenza del telo. Le caratteristiche devono essere accertate e documentate dalla D.L. con le relative certificazioni, determinate con le modalità stabilite dalle vigenti norme europee in materia, tutti i prodotti devono essere in possesso della marcatura CE. Il geotessile, avendo funzione di rinforzo ed impiegato per opere di primaria importanza, dovrà garantire le caratteristiche prestazionali di resistenza a trazione longitudinale nominale, allungamento alla resistenza longitudinale, resistenza a trazione trasversale nominale, allungamento alla resistenza trasversale e permeabilità (EN 11058) che rispondono alle norme EN 10319.

È compreso nella lavorazione tutto quanto altro occorre per dare il materiale collocato in opera a perfetta regola d'arte, compresi gli sfridi e sormonti per sovrapposizioni.

#### **Art. 66.5 – Geotessili non tessuti**

Trattasi di geotessile non tessuto, avente funzione di separazione, filtrazione e protezione meccanica per applicazioni geotecniche, idrauliche, in terreni a diversa granulometria, per le applicazioni come previsto dalle norme EN 13249, EN 13250, EN 13251, EN 13252, EN 13253, EN 13254, EN 13255, EN 13256, EN 13257, EN 13265. Il geotessile dovrà essere in possesso della marcatura CE. Ogni fornitura dovrà essere documentata da una dichiarazione di conformità, secondo le modalità previste dalla norma EN 45014, attestante la qualità, il tipo e le caratteristiche del materiale fornito, con preciso riferimento alla data ed alla località di consegna. Il geotessile fornito in rotoli, in conformità a quanto previsto dalla norma EN 10320 ogni rotolo dovrà essere provvisto di etichetta indicante il nome del prodotto, le dimensioni, la data di produzione ed il codice di produzione; dovrà, inoltre, garantire resistenza chimica, alla degradazione microbiologica, all'ossidazione e durabilità come richiesto dalla marcatura CE.

Il geotessile impiegato per opere di primaria importanza dovrà garantire le specifiche caratteristiche prestazionali relative alle seguenti proprietà idrauliche:

- indice di velocità  $V_{I_{H50}}$  (EN 11058),
- permeabilità a 20 kPa (DIN 60500-4),
- permeabilità a 200 kPa (DIN 60500-4),
- diametro di filtrazione  $O_{90}$  (EN 12956)

ed alle seguenti proprietà meccaniche:

- punzonamento statico (EN 12236),
- punzonamento dinamico (EN 13433),
- resistenza a trazione (EN 10319).

ciascuna rispondente alle sopracitate norme.

La suddetta lavorazione comprende tutto quanto altro occorre per dare il materiale collocato in opera a perfetta regola d'arte, compresi gli sfridi e sormonti per sovrapposizioni.

#### **Art. 66.6 – Geocompositi**

Trattasi di geocomposito per le applicazioni come previsto dalle norme EN 13249, costituito da un geotessile non tessuto in polipropilene a filo continuo e dotato di un'elevata capacità di assorbimento del bitume, accoppiato meccanicamente ad un tessuto a maglia in fibra di vetro ad elevato modulo di resistenza, come rinforzo di pavimentazione stradale, specificatamente in condizioni di necessità per elevati carichi statici e/o dinamici, mediante posa in opera fra lo strato di base in conglomerato bituminoso e lo strato di binder. Il prodotto dovrà essere fornito con marchiatura dei rotoli secondo la normativa EN 10320. Il geocomposito dovrà essere in possesso della marcatura CE. Ogni fornitura dovrà essere documentata da una dichiarazione di conformità, secondo le modalità previste dalla norma EN 45014, attestante la qualità, il tipo e le caratteristiche del materiale fornito, con preciso riferimento alla data ed alla località di consegna.

Il geocomposito dovrà garantire le seguenti specifiche caratteristiche fisico-meccaniche:

- resistenza a trazione longitudinale e trasversale (EN 10319);

- assorbimento di bitume (Texas DOT Item 3099);
- punto di fusione di 165 C° (ASTM D276)
- allungamento a rottura (EN 10319);
- resistenza a trazione longitudinale e trasversale al 2% di allungamento (riferite alla fibra di vetro) (EN 10319);

rispondenti alle sopracitate norme.

La lavorazione di che trattasi comprende tutto quanto altro occorre per dare il materiale collocato in opera a perfetta regola d'arte, compresi gli sfridi e sormonti per sovrapposizioni.

#### **Art. 66.6 – Geostrutture tridimensionali**

Si tratta della posa in opera di una geostruttura tridimensionale, realizzata in lega polimerica nano composita, da riempirsi con materiale non coesivo, avente la funzione di stabilizzazione dei terreni di sottofondo a scarsa capacità portante, per applicazioni conformi alle norme EN 13249, EN 13250, EN 13251, EN 13253, EN 13254, EN 13255, EN 13257, EN 13265. Al fine di ridurre il valore delle pressioni interstiziali del materiale di riempimento la geostruttura tridimensionale dovrà possedere una serie di fori diffusi sull'intera superficie della parete di densità compresa tra il 6% e il 10% della superficie totale. Le dimensioni della singola maglia ellittica completamente aperta dovranno essere non inferiori a 250 x 210 mm, con una altezza individuata dalle varie tipologie. Al fine di svolgere la funzione di stabilizzazione, la geostruttura tridimensionale dovrà garantire le seguenti prestazioni minime:

- modulo di accumulo per flessione alla temperatura di 60°C maggiore o eguale a 550 MPa (Norma 6721-1);
- coefficiente di dilatazione termica  $\leq 80$  ppm/°C (Norma 11359-2 TMA);
- resistenza all'ossidazione (OIT)  $\geq 125$  minuti (Norma 11357-6).

Ogni fornitura dovrà essere documentata da una dichiarazione di conformità secondo le modalità previste dalla norma EN 45014, attestante la qualità, il tipo e le caratteristiche del materiale fornito, con preciso riferimento alla data ed alla località di consegna, l'impresa esecutrice dei lavori e la denominazione del cantiere, e dovrà essere marcato CE.

La geostruttura tridimensionale, di spessore pari 75; 100 e 150 mm, sarà fornita in pannelli, prima della posa dovrà essere collocato un geotessile non tessuto da compensarsi a parte; il riempimento sarà realizzato con materiale non coesivo con granulometria da 0,2 a 60 mm (da compensarsi a parte) anche provenienti dal recupero di inerti, la compattazione dovrà avvenire con rulli di adeguate dimensioni e fino al raggiungimento del 95% della densità massima di riferimento (Proctor modificato), il materiale di copertura non dovrà essere inferiore a 5 cm.

È compreso tutto quanto altro occorre per dare il materiale collocato in opera a perfetta regola d'arte compresi gli sfridi.

#### **Art. 66.8 – Trattamenti naturali**

Si tratta di un trattamento antierosivo permanente e conseguente rinaturalizzazione di scarpate o rilevati consistente nello spargimento omogeneo di una apposita miscela di sementi di specie erbacee perenni a radicazione profonda, appartenenti alla flora endemica del territorio, all'interno di un gruppo di riferimento di almeno 10 specie, di concimi e collanti naturali con l'utilizzo di mezzi meccanici o altri sistemi, tali comunque da non lesionare i semi, compresa eventuale semina a mano. L'intervento, che avverrà su superfici aventi pendenze non superiori a 60°, stabili geotecnicamente ( $F_s > 1$ ), prevede l'impiego di almeno 50 g/m<sup>2</sup> di sementi di specie erbacee perenni, appartenenti alla flora endemica del territorio all'interno di un gruppo di riferimento di almeno 10 specie, non infestanti e non modificate geneticamente, con caratteristiche di rusticità, adattabilità a condizioni pedoclimatiche estreme, capacità di ricaccio elevata anche dopo incendi, o comunque in quantità adeguata alle caratteristiche pedoclimatiche del sito con un misto di concimi (minerali, oppure organo-minerali, oppure organici) e collanti naturali. L'impresa appaltatrice, dovrà preventivamente comprovare alla D.L., che l'apparato radicale delle specie utilizzate presenti le seguenti caratteristiche (verificate su campioni di piante coltivate in vivaio in contenitori di almeno 200 cm di altezza e circa 20 cm di diametro, in terreno sciolto ed irrigazione a goccia):

- velocità di accrescimento dell'apparato radicale, tale da raggiungere i 200 cm nel corso di 24 mesi, a far tempo dalla semina;
- radici di diametro il più possibile omogeneo per tutta la loro lunghezza (dal colletto all'apice radicale) compreso fra circa 0,1 e 3 mm;
- densità radicale elevata (> circa 10 radici per centimetro quadrato) misurata a circa 50 cm sotto il colletto della pianta, dopo 24 mesi dalla semina;

La verifica della riuscita dell'intervento antierosivo dovrà garantire quanto segue:

- le specie erbacee perenni che si svilupperanno sul cantiere dovranno dimostrare di aver bloccato l'erosione, un perfetto attecchimento, una radicazione tale da impedire l'estrazione manuale della pianta dal terreno, una ottimale crescita anche su terreni sterili quali ad esempio argille, sabbie, ghiaie, flysch, calcareniti, terreni additivati con calce, etc, senza alcun apporto di terreno vegetale, biostuoie, georeti plastiche, geocelle, mulch, matrici di fibre di legno, ecc.;
- la copertura vegetale dovrà essere presente su almeno l'80% della superficie inerbibile, entro e non oltre i successivi 24 mesi dalla prima semina;
- l'efficacia antierosiva sarà verificata dalla riduzione effettiva dell'erosione sulla superficie trattata, e dal fatto che le aree a valle (piede della scarpata), delle zone trattate saranno prive di materiale eroso.

Il trattamento prevede inoltre eventuali risemine e concimazioni per 24 mesi dalla data di semina al fine di:

- ottenere i risultati nei tempi e modi sopra riportati;
- ottenere la copertura vegetale su almeno l'80% della superficie inerbibile trattata;

ottenere l'efficacia antierosiva dell'impianto erbaceo.

## **INTERVENTI DI MANUTENZIONE DELLE OPERE DI DIFESA ATTIVA E PASSIVA DALLA CADUTA DI MASSI DALLE SCARPATE E PARETI ROCCIOSE**

### **Art. 67 – ELENCO DEI CORPI D'OPERA**

I corpi d'opera sui quali intervenire con opere di manutenzione ordinaria e straordinaria, sono i seguenti:

- barriere paramassi ad elevato assorbimento di energia;
- reti di acciaio a doppia torsione armate con funi metalliche, fissate alla roccia mediante chiodi con armatura in barre di acciaio, cementati pe l'intera lunghezza;
- pannelli di funi di acciaio;
- funi di acciaio di imbracatura;
- tiranti del tipo "a bulbo iniettato", con armatura costituita da barre in acciaio ad alta resistenza (di ancoraggio di pannelli di funi e di singoli funi di imbracatura; di placcaggio diretto di massi e di sottomurazioni in c.a.) o da funi spirodali (fondazione dei controventi delle barriere);
- sottomurazioni in c.a.

Di seguito si riportano per ciascuna delle principali tipologie di lavoro le possibili anomalie riscontrabili, i controlli da effettuare e le principali opere di manutenzione eseguibili.

### **Art. 68 – BARRIERE PARAMASSI**

#### 68.1 Anomalie riscontrabili

- ossidazione delle parti metalliche;
- fessurazione del calcestruzzo dei plinti di fondazione dei montanti;
- danneggiamento dei montanti per l'impatto di massi;
- danneggiamento dei controventi di monte e laterali per l'impatto di massi;
- danneggiamento delle radance dei tiranti di fondazione dei controventi per l'impatto di massi;
- danneggiamento dei pannelli di funi di acciaio per l'impatto di massi;
- accumulo di materiale a monte delle barriere, bloccato dalle opere di intercettazione.

#### 68.2 Controlli

I controlli sono visivi per le parti esterne della barriera; la funzionalità dei tiranti di fondazione deve essere verificata mediante specifiche prove di sfilamento, del tipo ad incrementi di carico, con misura delle deformazioni, spinte fino 1, volte il carico di esercizio.

#### 68.3 Manutenzioni eseguibili

- pulitura delle parti ossidate e relativo trattamento con sostanze antiossidanti, se i fenomeni di corrosione non ne hanno compromesso la funzionalità;
- sostituzione degli elementi danneggiati e/o interessati da processi di ossidazione irreversibili per la funzionalità dell'elemento medesimo;
- eliminazione del materiale accumulato a tergo della barriera;
- realizzazione di nuovi tiranti di fondazione in sostituzione di quelli compromessi, sulla base dei risultati delle prove di sfilamento;
- trattamento di consolidamento strutturale dei plinti in c.a. interessati da fenomeni di carbonatazione del calcestruzzo e/o con ferri di armatura esposti.

Si ritiene di particolare rilevanza insistere sulla rimozione degli elementi lapidei accumulatisi a ridosso della barriera, in quanto la loro presenza riduce l'altezza di riferimento dell'opera di intercettazione che, pertanto, potrebbe essere scavalcata da altri massi in caduta dai fronti lapidei.

Nel caso che le barriere paramassi vengono divelte a causa dell'impatto con i massi può essere necessaria la rimozione completa di tutti gli elementi costitutivi ed il trasporto ad apposita discarica autorizzata ed il montaggio e collocazione di barriere paramassi di uguali caratteristiche al posto delle precedenti previa preparazione del terreno.

### **Art. 69 – PANNELLI DI RETI A DOPPIA TORSIONE E DI FUNI DI ACCIAIO**

#### 69.1 Anomalie riscontrabili

- ossidazione delle reti e delle funi di acciaio;
- "detensionamento" delle funi di armatura dei pannelli di rete a doppia torsione per fenomeni di "creep" nell'acciaio o per la dilatazione termica del materiale;
- accumulo di materiale a tergo dei pannelli;
- sfilamento dei chiodi di fissaggio (pannelli di reti) o dei tiranti di ancoraggio (pannelli di funi) per la

spinta esercitata dal materiale accumulato a tergo dei pannelli;

- ossidazione dei golfari di collegamento dei pannelli ai chiodi di ancoraggio.

#### 69.2 Controlli

I controlli sono visivi, ma devono essere effettuati operando in parete, con metodi di progressione su corda e, quindi, da rocciatori specializzati.

#### 69.3 Manutenzioni eseguibili

- pulitura delle parti ossidate e relativo trattamento con sostanze antiossidanti, se i fenomeni di corrosione non ne hanno compromesso la funzionalità;
- sostituzione degli elementi interessati da processi di ossidazione irreversibili che ne compromettono la funzionalità;
- eliminazione del materiale accumulato a tergo dei pannelli, mediante il distacco del pannello, che va successivamente riposizionato;
- ritensionamento mediante "tendicavi" delle funi allentate di armatura dei pannelli di rete a doppia torsione;
- realizzazione di nuovi chiodi di fissaggio (pannelli di reti) o tiranti di ancoraggio (pannelli di funi) in sostituzione di quelli sfilati.

Tutte le lavorazioni innanzi indicate devono essere eseguite operando in cordata, da personale specializzato.

### Art. 70 – FUNI DI IMBRACATURA

#### 70.1 Anomalie riscontrabili

- ossidazione delle funi di acciaio;
- "detensionamento" delle funi per fenomeni di "creep" nell'acciaio o per la dilatazione termica del materiale.

#### 70.2 Controlli

I controlli sono visivi, ma devono essere effettuati operando in parete, con metodi di progressione su corda e, quindi, da rocciatori specializzati.

#### 70.3 Manutenzioni eseguibili

- eliminazione del materiale ossidato e trattamento delle funi con sostanze antiossidanti, se i fenomeni di corrosione non ne hanno compromesso la funzionalità;
- sostituzione delle funi interessate da processi di ossidazione irreversibili, che ne hanno compromesso la resistenza strutturale;
- "ritensionamento" mediante "tendicavi" delle funi allentate.

Tutte le lavorazioni innanzi indicate devono essere eseguite operando in cordata, da personale specializzato.

### Art. 71 – TIRANTI

#### 71.1 Anomalie riscontrabili

- ossidazione dell'armatura metallica e/o degli elementi di testata;
- rilassamento tensionale per problemi di "creep" nell'acciaio e/o nella miscela di iniezione e/o nella roccia;
- rottura dei manicotti esterni con il golfare, per l'impatto di massi.

#### 71.2 Controlli

Poiché tutti i tiranti sono del tipo "a doppia protezione nei confronti della corrosione", ossia sono dotati di guaine in materiale plastico di protezione dell'armatura metallica, i fenomeni di corrosione tendono a svilupparsi a partire dalle testate. Di conseguenza sono maggiormente a rischio i tiranti con testate esterne, ossia quelli provvisti di golfare per l'alloggiamento delle funi perimetrali dei pannelli o di imbracatura dei blocchi lapidei; quelli di placcaggio diretto o di ancoraggio delle sottomurazioni in c.a. hanno, infatti, le piastre di estremità protette da calcestruzzo. Inoltre il danneggiamento meccanico può riguardare proprio i golfari esterni dei tiranti di ancoraggio di funi innanzi indicate.

Ne segue che maggiori controlli dovranno essere effettuati in corrispondenza dei tiranti di ancoraggio di funi e/o di pannelli di funi. I controlli saranno sia visivi (comunque da effettuare con metodi di progressione su corda), sia eseguiti attraverso prove sperimentali di sfilamento, del medesimo tipo illustrato al paragrafo 3.2.2.

#### 71.3 Manutenzioni eseguibili

- pulitura dei golfari ossidati e relativo trattamento con sostanze antiossidanti, se i fenomeni di corrosione non ne hanno compromesso la funzionalità;
- sostituzione dei golfari interessati da processi di ossidazione irreversibili;

- realizzazione di nuovi tiranti in sostituzione di quelli compromessi, sulla base dei risultati delle prove di sfilamento.

## **Art. 72 – SOTTOMURAZIONI**

### 72.1 Anomalie riscontrabili

- fessurazioni: degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità del materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti;
- lesioni: si manifestano con l'interruzione della struttura portante. Le caratteristiche e l'andamento ne caratterizzano l'importanza e il tipo;
- esposizione dei ferri di armatura: distacchi di parte di calcestruzzo (copriferro) e relativa esposizione dei ferri di armatura a fenomeni di corrosione per l'azione degli agenti atmosferici;
- erosione superficiale: asportazione di materiale dalla superficie causata da processi di varia natura o dall'impatto di massi;
- scheggiature: distacco di piccole parti di materiale lungo i bordi e gli spigoli;
- efflorescenze: formazione di sostanze, generalmente di colore biancastro e di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, sulla superficie esterna. Nel caso di efflorescenze saline, la cristallizzazione può avvenire all'interno del calcestruzzo, provocando il distacco di parti superficiali della sottomurazione.

### 72.2 Controlli

Occorre controllare l'integrità della struttura individuando la presenza di eventuali anomalie quali fessurazioni, disgregazioni, distacchi, riduzione del copriferro ed esposizione dei ferri di armatura a processi di corrosione.

Occorre, inoltre, verificare lo stato del calcestruzzo, controllandone l'eventuale degrado provocato da processi di carbonatazione e/o dagli effetti meccanici dell'impatto di blocchi rocciosi.

### 72.3 Manutenzioni eseguibili

In presenza di cedimenti strutturali (lesioni, fessurazioni, rotture), occorre effettuare accurati accertamenti, per la diagnosi e la verifica delle strutture, da parte di tecnici qualificati che possano individuare la causa del dissesto e valutare gli effetti sulla stabilità strutturale. Occorre, quindi, procedere al consolidamento a seconda del tipo dei dissesti riscontrati:

- pulitura delle superfici: pulizia delle superfici mediante lavaggio con acqua ad alta pressione;
- rimozione delle parti in fase di sfaldamento: eliminazione delle zone ammalorate, trattamento dei ferri con convertitori di ruggine, successivo ripristino del copriferro con malte a base di resine;
- trattamento di consolidamento: intervento di consolidamento strutturale profondo o superficiale mediante prodotti idonei in relazione ai problemi riscontrati;
- ripresa di fessurazioni e lesioni: ripresa puntuale di fessurazioni, lesioni e rigonfiamenti localizzati sul paramento esterno.

## **ART. 73 – GEOCOMPOSITI DI RINFORZO DI SCARPATE ROCCIOSE**

Si trattano in questo paragrafo i "geocompositi" in genere da utilizzare per il rinforzo e stabilizzazione, il drenaggio e la filtrazione di acque in scarpate rocciose, costituiti da geogriglie formate da diverse tipologie di fibre; georeti tridimensionali formate da filamenti intrecciati o aggrovigliati e/o saldati nei punti di contatto in modo da generare una struttura tridimensionale, da utilizzare per la protezione e la stabilizzazione di scarpate e facilitare la germinazione di piante anche su pendii ripidi; geocompositi drenanti con azione di drenaggio, filtrazione delle acque e separazione da altre opere rigide; geotessili tessuti con funzione prevalente di rinforzo e non tessuti con funzione prevalente di separazione, filtrazione e protezione meccanica per applicazioni geotecniche ed idrauliche; geocompositi di varie tipologie e geostrutture tridimensionali realizzate in lega polimerica da riempirsi con materiale non coesivo.

Ogni fornitura di questi materiali dovrà essere documentata da una dichiarazione di conformità secondo le modalità previste dalle specifiche norme EN.

Il "geocomposito" dovrà essere fornito in rotoli, in conformità a quanto previsto dalle norme ed ogni rotolo dovrà essere provvisto di etichetta indicante il nome del prodotto, le dimensioni, la data di produzione ed il codice di produzione.

Le opere di manutenzione di queste opere consistono essenzialmente nella verifica del loro stato in termini di regolare aderenza alle pareti e della loro integrità, dell'assenza di fori veri e propri o di zone ammalorate in procinto di rompersi per sopravvenute sforzi di trazione in genere longitudinali superiori a quelli generalmente ammissibili dalle specifiche strutture in relazione alla loro tipologia, dimensionamento e composizione .

Le georeti dovranno essere verificate anche rispetto alla protezione contro i raggi U.V., che potrebbero provocare putrescibilità, specie in presenza di acqua.

Particolare attenzione va posta in corrispondenza dei sormonti e delle sovrapposizioni e degli ancoraggi al terreno e la verifica dello stato dei tondini in acciaio nonché la verifica, in cima alle scarpate da rivestire delle trincee nelle quali sono ancorate i rotoli di geocompositi per mezzo di picchetti metallici, e la verifica del normale riempimento della stessa con terreno.

Occorre quindi procedere ai seguenti possibili interventi di manutenzione.

- pulitura delle parti ossidate e relativo trattamento con sostanze antiossidanti, se i fenomeni di corrosione non ne hanno compromesso la funzionalità;
- sostituzione degli elementi interessati da processi di ossidazione irreversibili che ne compromettono la funzionalità;
- eliminazione di eventuale materiale accumulatosi alla base delle reti, mediante il distacco di porzioni di rete, che va successivamente riposizionato;
- realizzazione di nuovi chiodi di fissaggio dei geocompositi in sostituzione di quelli sfilati.

Infine, riguardo i trattamenti di rinaturalizzazione di scarpate o rilevati con spargimento omogeneo di una apposita miscela di sementi di specie erbacee perenni, appartenenti alla flora endemica del territorio, occorre verificare la copertura vegetale e la sua presenza percentuale sulla superficie di semina, l'eventuale necessità di concimi e collanti naturali con l'utilizzo di mezzi meccanici o eventuale semina a mano della necessità, entro e non oltre i successivi 24 mesi dalla prima semina, delle eventuali risemine e concimazioni .

#### **ART. 74 - DISMISSIONE DI BARRIERE PARAMASSI DIVELTE**

E' prevista la dismissione ed il trasporto a discarica autorizzata delle barriere paramassi divelte dalla caduta di massi, ubicate sul pendio in esame.

Le lavorazioni, contabilizzate a corpo, consisteranno essenzialmente in:

- rimozione di detriti, cumuli terrosi ed apparati radicali ed eventuale taglio di cespugli vegetativi e piante arbustive che dovessero ostacolare la rimozione delle barriere;
- eventuale frantumazione con mezzi meccanici, da eseguirsi su pendio, di volumi di roccia di dimensioni superiori a 0,25 mc;
- eventuale estrazione di montanti abbattuti dal terreno di fondazione comprese le loro fondazioni e/o, in seguito alla verifica delle condizioni di attacco di queste ultime con il montante, taglio con seghe circolari rotanti e/o mezzi simili del montante alla sua base;
- taglio con seghe elettriche e o mezzi simili di pannelli di rete metallica a doppia torsione;
- taglio con seghe elettriche e/o altri mezzi meccanici di tutti gli altri elementi metallici, compresi le funi di ancoraggio ed i controventi, in elementi facilmente trasportabili;
- raccolta del materiale lapideo frantumato e del materiale metallico e loro accatastamento in cumuli separati;
- trasporto del materiale metallico a rifiuto in apposita discarica autorizzata al loro conferimento, compreso l'onere di accesso a discarica;

Sono compresi e compensati nel prezzo tutti gli oneri, magisteri, trasporti ed uso di attrezzature necessarie per l'esecuzione delle suddette lavorazioni.

Si intendono esclusi il trasporto a discarica del terreno e/o roccia provenienti dagli scavi di cui sopra ed il relativo onere di accesso alla discarica, da compensarsi a parte.

Le attività di dismissione degli elementi residui delle barriere esistenti divelte potranno essere specificatamente dettagliate in corso d'opera in relazione alle effettive situazioni e difficoltà operative riscontrate in sito, in modo tale da non costituire comunque alcun problema all'installazione del tratto nuovo.

In pratica l'eventuale permanere di parti fuori terra e, in particolare, di parti di fondazioni della barriera divelta non dovrà implicare alcun ostacolo alla installazione della barriera nuova.

Il prezzo a corpo comprenderà, altresì, quant'altro occorra per dare l'opera finita a regola d'arte, secondo le disposizioni della D.L., anche in considerazione delle effettive condizioni dell'area e dei materiali di che trattasi, verificabili solo in sito al momento delle lavorazioni.