



FERROVIE APPULO-LUCANE

Linea ferroviaria Altamura-Avigliano
Lucania.

Progetto preliminare dei lavori di
rinnovo del binario con sistemazione
della sede, opere d'arte e
canalizzazione impianti tecnologici
sulla tratta Oppido-Cancellara.

Capitolato Speciale Prestazionale.

Indice

PARTE PRIMA:	5
1 Descrizione dell'opera	6
1.1 Obiettivi generali del progetto	6
1.2 Importo e categorie dei lavori	7
1.3 Descrizione degli interventi da realizzare	8
PARTE SECONDA: Specifiche prestazionali delle opere	13
2 Caratteristiche prestazionali del tracciato	14
3 Qualità e provenienza dei materiali	15
3.1 Materiali per la formazione di rilevati	15
3.1.1 <i>Provenienza dei materiali</i>	15
3.2 Conglomerati cementizi semplici e armati	16
3.2.1 <i>Calcestruzzi</i>	16
3.2.2 <i>Cemento</i>	20
3.2.3 <i>Aggregati</i>	21
3.2.4 <i>Acqua d'impasto</i>	24
3.2.5 <i>Additivi</i>	24
3.2.6 <i>Tipi e classi dei conglomerati cementizi</i>	26
3.2.7 <i>Qualifica preliminare dei conglomerati cementizi</i>	27
3.2.8 <i>Controlli in corso d'opera</i>	29
3.2.9 <i>Resistenza dei conglomerati cementizi</i>	31
3.2.10 <i>Durabilità dei conglomerati cementizi</i>	32
3.3 Acciaio per c.a.	33
3.3.1 <i>Generalità</i>	34
3.3.2 <i>Acciaio in barre ad aderenza migliorata</i>	34
3.3.3 <i>Reti in barre di acciaio elettrosaldate</i>	34
4 Prescrizioni tecniche per l'esecuzione delle opere	36

4.1	Scavi.....	36
4.1.1	<i>Norme generali</i>	36
4.1.2	<i>Scavi di sbancamento</i>	38
4.1.3	<i>Scavi di fondazione</i>	38
4.1.4	<i>Scavi subacquei</i>	39
4.2	Demolizioni e rimozioni	40
4.2.1	<i>Demolizione di murature</i>	40
4.2.2	<i>Idrodemolizioni</i>	40
4.3	Rinterri.....	41
4.3.1	<i>Bonifica</i>	41
4.3.2	<i>Rinterri</i>	42
4.3.3	<i>Sistemazione superficiale</i>	42
4.4	Rilevati.....	42
4.4.1	<i>Definizione</i>	42
4.4.2	<i>Preparazione del piano di posa dei rilevati</i>	43
4.4.3	<i>Formazione del rilevato</i>	44
4.4.4	<i>Fondazione del rilevato ferroviario</i>	45
4.5	Piattaforma ferroviaria	47
4.6	Subballast	47
4.7	Trincee.....	48
4.8	Zone di transizione tra i rilevati ferroviari e le opere d'arte	48
4.9	Realizzazione di opere in conglomerato cementizio armato e non	49
4.9.1	<i>Confezione dei conglomerati cementizi</i>	49
4.9.2	<i>Disposizioni alle quali attenersi in presenza di temperature inferiori ai 5 °C e al di sotto di 0 °C</i>	50
4.9.3	<i>Trasporto</i>	52
4.9.4	<i>Posa in opera</i>	52
4.9.5	<i>Stagionatura e disarmo</i>	54
4.9.6	<i>Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari</i>	56
4.9.7	<i>Armature per c.a.</i>	56
4.9.8	<i>Protezione catodica delle solette d'impalcato di ponti e viadotti</i>	57

4.9.9	<i>Metodo di Figg per la determinazione del grado di permeabilità all'aria del conglomerato cementizio</i>	57
4.10	Casseforme, armature di sostegno, centine e attrezzature di costruzione	59
4.11	Impermeabilizzazioni con membrane a base bituminosa	60
4.12	Gabbioni a materassi metallici	61
4.12.1	<i>Controllo dei requisiti di accettazione</i>	62
4.13	Canalette, cunette e fossi di guardia	63
4.13.1	<i>Canalette ad embrici</i>	63
4.13.2	<i>Rivestimento per cunette e fossi di guardia</i>	64

Ferrovie Appulo Lucane

Linea ferroviaria Altamura - Avigliano Lucania. Progetto preliminare dei lavori di rinnovo del binario con sistemazione sede, opere d'arte e canalizzazione impianti tecnologici sulla tratta Cancellara - Oppido

PARTE PRIMA:

1 Descrizione dell'opera

1.1 Obiettivi generali del progetto

Obiettivo del progetto è l'esecuzione dei lavori di rinnovo del binario con sistemazione sede, opere d'arte e canalizzazione impianti tecnologici sulla tratta Cancellara - Oppido della linea ferroviaria a scartamento ridotto (950 mm) e trazione endotermica Altamura-Avigliano Lucania, gestita da Ferrovie Appulo Lucane.

La tratta ferroviario oggetto dell'intervento è attualmente in esercizio ma con transito dei treni sottoposto a limitazioni delle velocità massime consentite a causa del precario stato di manutenzione in cui verte l'infrastruttura nel suo complesso (sovrastuttura, sede ferroviaria, opere d'arte, opere complementari).

La finalità dell'intervento progettato è quello di ripristinare la piena funzionalità dell'infrastruttura, nel suo complesso e nei singoli elementi che la compongono.

Gli interventi previsti sono i seguenti:

- Il rinnovo completo del binario, con sostituzione dell'armamento e demolizioni e ripristino della massicciata.
- Il ripristino delle caratteristiche della sede ferroviaria in termini di portanza a protezione della massicciata da risalite di materiale terroso.
- L'allargamento della sede, ove possibile, e la realizzazione di un sentiero pedonale di servizio ai piedi della massicciata.
- Il ripristino delle opere di regimazione e smaltimento delle acque di superficie.
- Il rinnovo o ripristino delle opere di canalizzazione degli impianti di telecomunicazione facenti parte della infrastruttura ferroviaria.

- La sistemazione/adeguamento/integrazione di tutte le opere d'arte minori (ponticelli, tombini, muri di controripa e sottoscarpa, gabbionate, ecc.) presenti lungo la tratta che necessitano di manutenzione o adeguamento.
- La sistemazione di alcune opere d'arte (ponti e viadotti) presenti lungo la tratta che necessitano di interventi di manutenzione straordinaria con carattere di urgenza.

1.2 Importo e categorie dei lavori

L'importo complessivo dei lavori per l'esecuzione dell'opera in oggetto ammonta presuntivamente a € 6.840.484,98 di cui € 6.285.828,97 di importo lavori soggetto a ribasso in sede d'asta e € 656.420,00 non soggetti a ribasso, relativi ai costi per la sicurezza (€101.764,00 di oneri intrinseci e € 554.656,00 di oneri speciali).

Ai sensi degli articoli 3 e 30 del regolamento per la qualificazione delle imprese di costruzione approvato con D.P.R. 25 gennaio 2000, n. 34 e in conformità all'allegato "A" al predetto regolamento, i lavori sono classificati nella categoria prevalente di opere OS29 *"Strade, autostrade, ponti, viadotti, ferrovie, linee tranviarie. Metropolitane, funicolari, e piste aeroportuali, e relative opere complementari"*

Ai sensi delle previsioni del D.P.R. 207/2010 e s.m.i., le parti di lavoro, con i relativi importi, sono indicate nella seguente Tabella 1.

Tabella 1

Categoria prevalente e categorie scorporabili e subappaltabili				
	Lavori di	Categoria ex Allegato A al DPR 34/2000		Euro
1	Armamento ferroviario	Prevalente	OS29	€ 4.703.435,53
2	Strade, autostrade, ponti, viadotti, ferrovie, linee tranviarie. Metropolitane, funicolari, e piste aeroportuali, e relative opere complementari	Scorporabile e subappaltabile	OG3	€ 1.445.978,37
3	Impianti per la segnaletica luminosa e la sicurezza del traffico	Scorporabile e subappaltabile	Os9	€ 136.415,07

Tali parti di lavoro sono tutte scorporabili e, a scelta dell'impresa, subappaltabili, alle condizioni di legge e del presente capitolato speciale, con i limiti e le prescrizioni di cui ai commi successivi.

I lavori appartenenti a categorie specializzate (serie "OS"), per il quale lo stesso allegato "A" prescrive la "qualificazione obbligatoria", come nel caso della OS29, di importo superiore a € 150.000, devono essere realizzati dall'appaltatore solo se in possesso dei requisiti di qualificazione per la relativa categoria; in caso contrario devono essere realizzati da un'impresa mandante qualora l'appaltatore sia

un'associazione temporanea di tipo verticale, ovvero da un'impresa subappaltatrice qualora siano stati indicati come subappaltabili in sede di offerta; in ogni caso l'esecutore (sia esso impresa mandante, sia un subappaltatore) deve essere in possesso dei requisiti necessari.

Le diverse lavorazioni, con i rispettivi importi e le rispettive percentuali di incidenza, sono le seguenti:

N.	CATEGORIA DI LAVORO	IMPORTO	INCIDENZA
1	<i>Ripristino e adeguamento della sede</i>	€ 1.337.694,54	21,3%
2	<i>Rinnovo dell'armamento</i>	€ 2.813.644,67	44,8%
3	<i>Ripristino e adeguamento degli impianti tecnologici di linea</i>	€ 136.415,07	2,2%
4	<i>Muri contro ripa, di sottoscarpa, di sostegno e di rivestimento</i>	€ 376.273,42	6,0%
5	<i>Ripristino cunette, scarpate e banchettoni</i>	€ 44.637,58	0,7%
6	<i>Ripristino e adeguamento tombini, acquedotti e ponticelli</i>	€ 131.185,32	2,1%
7	<i>Sistemazione pendii</i>	€ 89.488,06	1,4%
8	<i>Sistemazione delle opere d'arte principali richiedenti interventi con carattere d'urgenza</i>	€ 1.356.490,31	21,6%

1.3 Descrizione degli interventi da realizzare

- Ripristino e adeguamento della sede ferroviaria al fine di ripristinarne la funzionalità in termini di portanza e capacità di prevenire il deterioramento delle caratteristiche geometriche della sovrastruttura ferroviaria. A tale scopo si procederà:
 - alla completa rimozione della sovrastruttura ferroviaria esistente (binario, massicciata e impianti tecnologici di linea ove necessario);
 - all'asportazione dello strato superficiale costituente la piattaforma ferroviaria attuale;
 - all'allargamento della stessa, dove possibile, per poter inserire sulla destra della massicciata ferroviaria un camminamento di servizio (larghezza = 0,75 m) per consentire la personale tecnico di muoversi lungo la linea in condizioni di sicurezza; a tale scopo, dove necessario allargare i rilevati verrà impiegato il materiale derivante dall'asportazione di cui al punto precedente e, sia quando opportuno contenere l'e-

stensione dei rilevati, verranno realizzati dei gabbioni che avranno anche una funzione drenante;

- all'adeguamento della geometria della sede ferroviaria per consentire l'inserimento del camminamento di cui al punto precedente ma anche, dove possibile e opportuno, il miglioramento delle caratteristiche geometriche del tracciato ferroviario (ampliamento dei raggi di curvatura, aumento delle sopraelevazioni in curva, allungamento dei raccordi parabolici, ecc.);
 - al costipamento del sottofondo e all'applicazione di uno strato di supercompattato verificando il raggiungimento di un adeguato valore della portanza;
 - alla posa di uno strato finale di subballast in conglomerato bituminoso dello spessore di 12cm.
- Rinnovo del binario, prevedendo:
 - realizzazione della massicciata, sulla sede ripristinata, secondo la geometria indicata nei disegni tipologici allegati; verrà utilizzato ballast costituito da pietrisco tenace di 2^a categoria (secondo la classificazione in uso presso FS), in parte recuperato, previa opportuna vagliatura e depurazione, dal materiale accumulato in fase di asportazione della massicciata preesistente, in parte proveniente da apposite cave di estrazione localizzate nelle vicinanze;
 - posa di traverse in c.a. di lunghezza pari a 1,80 m; il modulo di posa delle traverse sarà pari a 0,60 m per agevolare la realizzazione della lunga rotaia saldata (l.r.s.) nelle molte curve a piccolo raggio presenti lungo la tratta in esame;
 - predisposizione degli organi di attacco, di tipo indiretto, elastici e tali da permettere la variazione dello scartamento in curva fino a valori di +30 mm (come previsto dalla normativa per le ferrovie italiane a scartamento 950 mm);
 - posa delle rotaie, tipo 50UNI-900A, loro saldatura elettrica a scintillio a formare la lunga rotaia saldata e foratura e fissaggio delle stesse alle traverse mediante gli organi d'attacco già predisposti;
 - in corrispondenza della stazione di Acerenza, sostituzione degli attuali deviatori posti sul binario di corsa con nuovi scambi su traverse in c.a. e cuore monoblocco in acciaio fuso al manganese interamente saldabile alle rotaie.
 - Ripristino e adeguamento degli impianti tecnologici di linea mediante:
 - la posa di una nuova canaletta porta cavi in c.a. del tipo V318 che affiancherà la linea ferroviaria sempre da un lato, affiorante sul sentiero e quindi di facile ispezione; solo in corrispondenza delle gallerie, sulle quali non sono previsti interventi, verranno mantenute le esistenti canalette metalliche fissate con staffe alle pareti;

- infilaggio cavo per telecomunicazioni;
 - cablaggio e verifica di funzionamento.
- Ripristino e adeguamento dei muri di controripa, di sottoscarpa, di sostegno e di rivestimento.
 - In diversi punti del tracciato sarà necessaria la realizzazione di nuovi muri di controripa o il prolungamento di quelli esistenti per consentire l'allargamento della sede ferroviaria così da poter inserire come previsto il camminamento di servizio; i nuovi muri di controripa verranno realizzati in c.a. secondo le sezioni tipo riportate nella documentazione grafica allegata, previa scavo e riprofilatura dei pendii.
 - I muri controterra e di rivestimento esistenti che presentano situazioni localizzate e generalmente limitate di ammaloramento delle superficie, fessurazioni o crolli saranno oggetto di interventi di ripristino secondo le modalità più idonee allo specifico caso mediante:
 - stilatura ed integrazione dei paramenti murari;
 - interventi di scuci e cucì;
 - rinforzo delle strutture esistenti con fibre di carbonio;
 - ecc.
 - per far fronte cambiamento di profilo dei sovrastanti pendii causato dalla corrivazione delle acque meteoriche, in diversi punti della tratta si prevede l'innalzamento dei muri di controripa con gabbioni di rete metallica.
- Ripristino cunette, scarpate e banchettoni:
 - si procederà alla pulizia delle cunette e dei fossi di guardia esistenti e, dove questa non risulti sufficiente, al ripristino di tali opere;
 - nelle tratte in cui verrà realizzato il camminamento di servizio si realizzeranno nuove opere di smaltimento delle acque che tengono conto della nuova geometria della sede;
 - nei punti del tracciato in cui è necessario intervenire ad allargare il rilevato ferroviario si procederà alla sistemazione idraulica delle nuove scarpate.
- Ripristino e adeguamento di tombini, acquedotti e ponticelli:
 - allungamento dei tombini e acquedotti esistenti per far fronte alle modifiche previste (allargamento e piccole correzioni alla geometria del tracciato) alla sede;
 - ripristino dei tombini e acquedotti in condizioni di manutenzione tali da non potersi più ritenere idonei ad assolvere la loro funzione;
 - realizzazione di una passerella in ferro zincato per garantire la sicurezza del personale di servizio.

- Sistemazione pendii:
 - messa in sicurezza dei pendii rocciosi attraverso il disgaggio e la pulizia delle pareti;
 - riprofilatura e loro protezione dei pendii nei confronti dei fenomeni di dilavamento e corrosione dovuti alla corrivazione delle acque meteoriche mediante realizzazione di:
 - viminate;
 - geogriglie;
 - posa di reti metalliche;
 - ecc.
- Sistemazione delle opere d'arte principali richiedenti interventi con carattere di urgenza attraverso:
 - Interventi di tipo generale:
 - smantellamento di binari, ballast e sovrastrutture in genere, comprensivo della demolizione degli sbalzi e dei parapetti attuali, in modo da mettere a nudo l'estradosso delle murature verticali laterali;
 - intervento di risanamento complessivo della parte superiore delle strutture, consistente essenzialmente nella protezione riguardo all'infiltrazione delle acque meteoriche, ed al contempo in una efficace solidarizzazione delle strutture esistenti.
 - realizzazione di una soletta in c.a. gettata sulla testa delle murature esistenti e sull'estradosso del riempimento al di sopra delle arcate e delle pile; la soletta sarà collegata alle murature tramite perforazioni armate, in modo da ottenere un effetto di cordolatura e solidarizzazione delle murature stesse; l'estradosso della soletta sarà sagomato con una pendenza trasversale a tetto;
 - posa all'estradosso della soletta di cui al punto precedente di una strato di impermeabilizzazione ed un massetto di protezione in c.l.s., sul quale saranno ricostituiti il ballast ed i binari;
 - lateralmente saranno realizzati dreni longitudinali di raccolta delle acque meteoriche, che recapiteranno ad appositi pozzetti muniti di tubazioni di scarico e discendenti di evacuazione delle acque.
 - Interventi di ripristino per il recupero di idonee caratteristiche meccaniche e funzionali delle porzioni di struttura conservate mediante:
 - Iniezioni di malta cementizia all'interno delle strutture in muratura di pietra o laterizio;
 - Interventi di "scuci-cuci" sulle porzioni in muratura o in pietra;

- Scarifica accurata, ripristino tramite rinzafo con malta cementizia e stilatura dei ricorsi di malta tra gli elementi in laterizio o pietra;
- Realizzazione di rinforzo strutturale tramite intonaco armato;
- Consolidamento di arcate tramite foderatura in c.l.s. armato con centine metalliche;
- Ripristino corticale di superfici in c.a.

PARTE SECONDA:

Specifiche prestazionali delle opere

2 Caratteristiche prestazionali del tracciato

Per quanto riguarda la caratteristiche prestazionali del tracciato, queste si intendono soddisfatte attraverso il rispetto della “Normativa per le Ferrovie Italiane a scartamento 950 mm” (VEL. N.1 - Firenze, Milano 1.12.1998) nella definizione della geometria del tracciato.

La sopracitata norma si intende in questa sede interamente e integralmente richiamata e facente parte integrante del presente documento.

3 Qualità e provenienza dei materiali

3.1 Materiali per la formazione di rilevati

3.1.1 PROVENIENZA DEI MATERIALI

Qualora le leggi regionali lo prescrivano, la Stazione Appaltante provvederà ad ottenere dagli Enti competenti il benessere necessario alla coltivazione delle cave e l'Impresa dovrà utilizzare i materiali provenienti dalle cave indicate in progetto.

Prima di impiegare i materiali provenienti dagli scavi o dalle cave di prestito, l'Impresa dovrà espletare una campagna di indagini corredata di tutte le opportune prove di laboratorio, atta a fornire alla Direzione Lavori un'esauriente documentazione in merito alle caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali al fine di ottenere l'idoneità all'utilizzo dei singoli materiali.

Per ogni zona di provenienza l'Impresa dovrà altresì eseguire un adeguato numero di sondaggi (almeno 1 sondaggio e/o pozzetto ogni 20.000 m³).

L'Impresa dovrà sottoporre alla preventiva approvazione della Direzione Lavori il programma di coltivazione delle cave e delle eventuali fasi di lavorazione successive, quali vagliatura, frantumazione e miscelazione atte a conferire ai materiali le caratteristiche di idoneità previste dalle Norme Tecniche.

Prima di avviare la coltivazione delle cave di prestito o dell'impiego a rilevato dei materiali da scavo, dovranno essere asportate le eventuali coltri vegetali, sostanze organiche, rifiuti e rimossi tutti quegli agenti che possono provocare la contaminazione del materiale durante la coltivazione.

Le cave di prestito, da aprirsi a totale cura e spese dell'Impresa, dovranno essere coltivate nel rispetto delle vigenti norme di Legge, secondo le previsioni di progetto ed in modo che, tanto durante la cavatura che a cavatura ultimata, non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica.

Le stesse condizioni di sicurezza dovranno essere garantite per le eventuali aree di stoccaggio e/o di lavorazione di cui, a sua cura e spese, l'Impresa dovesse avvalersi.

3.1.1.1 Prove di controllo dei materiali

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica (almeno una ogni 20.000 m³ di materiale);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua (almeno una ogni 20.000 m³ di materiale);
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332 (almeno una ogni 40.000 m³ di materiale);
- prova di compattazione AASHTO Mod. T/180-57 (almeno una ogni 40.000 m³ di materiale) ed esecuzione eventuale di:
 - analisi granulometrica sui materiali impiegati nella prova di compattazione, prima e dopo la prova stessa limitatamente a quei materiali per i quali è sospetta la presenza di componenti instabili;
 - prova edometrica limitatamente ai materiali coesivi e semicoesivi prelevati dal campione dopo l'esecuzione della prova AASHTO Mod. T/180-57 e compattati al 95% della densità massima ($\pm 2\%$).

Il prelievo dei campioni sarà effettuato in contraddittorio con la Direzione Lavori la quale provvederà ad indicare il nominativo del laboratorio (o dei laboratori) presso il quale l'Impresa provvederà a far eseguire a sua cura e spese, sotto il controllo della medesima, le prove richieste.

3.2 Conglomerati cementizi semplici e armati

Per la realizzazione delle opere in oggetto è previsto l'impiego dei materiali aventi le caratteristiche descritte di seguito.

3.2.1 CALCESTRUZZI

- Classe resistenza = C12/15 getti cls magro
- Classe resistenza = C25/30 per fondazioni, pali e diaframmi
- Classe resistenza = C28/35 opere in elevazione

Dovranno essere inoltre rispettati i seguenti valori minimi di copriferro:

- copriferro minimo per diaframmi e pali = 6 cm

- copriferro minimo per fondazioni, cordoli ed elevazioni = 4 cm
- copriferro minimo per solette impalcato e travi in c.a.p. = 3 cm

3.2.1.1 Classi di esposizione ambientali

In base alla UNI EN 206, risultano individuate sei classi di esposizione ambientale, identificate dalle sigle XO, XC, XD, XS, XF ed XA, per diversi tipi di aggressione. Per ciascuna classe, ad eccezione della XO, esistono più sottoclassi, identificate da un numero crescente man mano che il livello di aggressione aumenta.

CLASSI DI ESPOSIZIONE SECONDO LA UNI EN 206-1

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	TIPO DI STRUTTURA	NUMERO DI SOTTO-CLASSI
XO	Nessun rischio di corrosione (interni di edifici con U.R. molto bassa)	Non armata e armata	1
XC	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione	Armata	4
XD	Corrosione delle armature indotta dai cloruri esclusi quelli presenti in acqua di mare	Armata	3
XS	Corrosione delle armature indotta dai cloruri presenti nell'acqua di mare	Armata	3
XF	Attacco dei cicli di gelo-disgelo in presenza o no di sali disgelanti	Non armata e armata	4
XA	Attacco chimico del calcestruzzo	Non armata e armata	3

Le classi evidentemente sono collegate ai particolari fenomeni che possono portare ad un degrado prematuro, che possono essere così riassunti:

- corrosione delle armature indotta da carbonatazione del calcestruzzo
- corrosione delle armature indotta da attacco da cloruri
- attacco da cicli di gelo - disgelo,
- attacco chimico.

Dalla combinazione dei fattori ambientali sopra descritti con l'umidità, vettore essenziale delle sostanze aggressive, derivano le classi di esposizione già sintetizzate nella tabella precedente ed esplose in dettaglio nel seguito.

Le UNI EN206-1 sottolineano che le condizioni ambientali cui la tabella si riferisce sono quelle che si verificano nel copriferro, ma in molti casi esse riflettono le condizioni dell'ambiente circostante, per cui di fatto, in queste circostanze la descrizione si può riferire direttamente a quest'ultimo.

Avremo quindi:

CLASSI D'ESPOSIZIONE AMBIENTALE DEL CALCESTRUZZO SECONDO LA EN 206

Classe	Ambiente d'esposizione	Esempi di condizioni ambientali
1 – Assenza di rischio di corrosione delle armature o d'attacco al calcestruzzo		
X0	Molto secco (cls armato)	Interni di edifici con umidità relativa molto bassa
	Vari (cls non armato)	Tutti eccetto gelo o attacco chimico o abrasione
2 – Corrosione delle armature indotta da carbonatazione del calcestruzzo		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa, o calcestruzzo costantemente immerso
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo, molte fondazioni
XC3	Umidità moderata	Interni di edifici con umidità da moderata ad alta Calcestruzzo all'esterno protetto dalla pioggia
XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici a contatto diretto con acqua non comprese nella classe XC2
3 – Corrosione indotta dai cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare		
XD1	Umidità moderata	Superfici esposte a nebbia salina
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine - Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri; pavimentazioni, pavimentazioni di parcheggi
4 – Corrosione indotta dai cloruri presenti nell'acqua di mare		
XS1	Esposto al nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime o sulla costa
XS2	Sommerse	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde oppure alle maree	Parti di strutture marine

5 – Attacco da cicli di gelo/disgelo

XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agenti antigelo	Superfici verticali esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Moderata saturazione d'acqua, con impiego di agenti antigelo	Superfici verticali di strutture stradali esposte al gelo e nebbia di agenti antigelo
XF3	Elevata saturazione d'acqua, senza impiego di agenti antigelo	Superfici orizzontali esposte alla pioggia e al gelo
XF4	Elevata saturazione d'acqua, con impiego di agenti antigelo	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo- Superfici esposte direttamente a nebbia contenente agenti antigelo e al gelo

6 – Attacco chimico

XA1	Debolmente aggressivo	Vedi tabella seguente
XA2	Moderatamente aggressivo	Vedi tabella seguente
XA3	Fortemente aggressivo	Vedi tabella seguente

CLASSI DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE - ATTACCO CHIMICO (LINEE GUIDA MIN. LL.PP.)

	GRADO DI ATTACCO		
	XA1 (debole)	XA2 (moderato)	XA3 (forte)
Agente aggressivo nelle acque			
PH	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	4,5 - 4,0
CO2 aggressiva, mg/l	15 - 30	30 - 60	60 - 100
ioni ammonio NH4+, mg/l	15 - 30	30 - 60	60 - 100
ioni magnesio Mg2+, mg/l	100 - 300	300 - 1500	1500 - 3000
ioni solfato SO4, mg/l	200 - 600	600 - 3000	3000 - 6000
Agente aggressivo nel terreno			
ioni solfato SO4, mg/kg di terreno seccato all'aria	2000 - 6000	6000 - 12000	> 12000

3.2.1.2 Ponti e viadotti

Si tratta evidentemente di opere in ambiente esterno. Le pile e le opere di elevazione, esposte direttamente agli agenti atmosferici ricadono nella classe XF1, mentre per le fondazioni si può fare riferimento alla classe XC2.

Le travi sono esposte direttamente alla pioggia, quindi ricadono nella classe XF2.

3.2.1.3 Muri contro terra, tombini e altre opere d'arte monori

Si può fare generalmente riferimento alla classe XC2.

3.2.2 CEMENTO

I cementi potranno essere normali, ad alta resistenza, ad alta resistenza e rapido indurimento.

Nella confezione dei conglomerati sono ammessi:

- cemento tipo III;
- cemento tipo IV;
- sono ammessi inoltre i cementi di tipo I, II e V con tenore di alluminato tricalcico (C3A) < 5% che la cementeria, dovrà garantire specificando il metodo di misura, a condizione che il rapporto acqua cemento sia inferiore dello 0,05 rispetto a quello prescritto per i cementi di tipo III e IV e che la resistenza effettiva del conglomerato risulti superiore di almeno 5 MPa rispetto a quella richiesta per conglomerati confezionati con cementi di tipo III e IV. I maggiori oneri per la sostituzione del cemento sono a carico dell'Impresa. L'utilizzo dei cementi di tipo I, II e V non è, in qualsiasi caso, consentito per la realizzazione di conglomerati cementizi di tipo I e di eventuali manufatti prefabbricati.

L'Impresa dovrà approvvigionare il cemento presso cementerie che diano garanzie di bontà, costanza del tipo, continuità di fornitura.

La qualità del cemento dovrà essere garantita e controllata dall'istituto ICITE CNR e dal relativo marchio.

A cura ed a spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, dovranno essere verificate presso un Laboratorio Ufficiale le resistenze meccaniche ed i requisiti chimici e fisici del cemento secondo le Norme di cui alla Legge 26/5/1965 n. 595 D.M. 3/6/1968 e D.M. 13/9/1993 (per cementi sfusi prelievo di un campione ogni 300 t o frazione).

Ad ogni carico di cemento giunto in cantiere, l'Impresa dovrà consegnare alla Direzione Lavori, copia fotostatica del Documento di Trasporto ed il certificato d'origine prodotto dalla cementeria, attestante la conformità alle vigenti norme sulle caratteristiche del legante. Copia di tutti i certificati di prova sarà custodita dalla Direzione Lavori e dall'Impresa.

È facoltà della Direzione Lavori richiedere la ripetizione delle prove su una stessa partita qualora sorgesse il dubbio di un degradamento delle caratteristiche del cemento, dovuto ad una causa qualsiasi.

È vietato l'uso di cementi diversi per l'esecuzione di ogni singola opera o elemento costruttivo; ciascun silo del cantiere o della centrale di betonaggio sarà destinato a contenere cemento di un unico tipo, unica classe ed unica provenienza, ed a tale scopo chiaramente identificato.

È ammesso l'impiego di cementi speciali rispondenti ai requisiti suddetti ed alle prescrizioni delle presenti Norme, atti al confezionamento di conglomerati cementizi fluidi e superfluidi a basso rapporto a/c senza additivazione in fase di betonaggio.

Le UNI EN 206-1 riassumono le caratteristiche consigliate delle proprietà del calcestruzzo ai fini della durabilità nell'allegato F (solo informativo). Tali caratteristiche si riferiscono ad un calcestruzzo confezionato con cemento di tipo CEM I secondo EN 197-1 (cemento Portland, classe di resistenza 32.5), e con aggregato avente dimensione nominale massima compresa fra 20 e 32 mm. I valori, inoltre, si riferiscono ad una vita utile di 50 anni.

La tabella seguente riassume i valori consigliati.

CARATTERISTICHE CONSIGLIATE DEI CALCESTRUZZI PER LA DURABILITÀ (UNI EN206-1, ALL. F)

		Rapporto a/c	Classe resistenza cubica minima (N/mm ²)	Contenuto minimo di cemento (Kg/m ³)	Contenuto minimo aria (%)	Altri requisiti
Nessun rischio	X0		15			
Corrosione da carbonatazione	XC1	0.65	25	260		
	XC2	0.60	30	280		
	XC3	0.55	37	280		
	XC4	0.50	37	300		
Corrosione da cloruri acqua marina	XS1	0.50	37	300		
	XS2	0.45	45	320		
	XS3	0.45	45	340		
Corrosione da altri cloruri	XD1	0.55	37	300		
	XD2	0.55	37	300		
	XD3	0.45	45	320		
Attacco gelo-disgelo	XF1	0.55	37	300		Aggregati secondo prEN12620 resistenti al gelo
	XF2	0.55	30	300	4	
	XF3	0.50	37	320	4	
	XF4	0.45	37	340	4	
Attacco chimico	XA1	0.55	37	300		
	XA2	0.50	37	320		Cemento

3.2.3 AGGREGATI

Per tutti i tipi di conglomerato cementizio dovranno essere impiegati esclusivamente gli aggregati della categoria A di cui alla Norma UNI 8520 parte 2a aventi caratteristiche nei limiti di accettazione della Norma medesima, salvo particolari deroghe di carattere eccezionale che la Direzione Lavori, previa attenta valutazione delle locali condizioni di reperibilità degli aggregati, potrà concedere esclusivamente riguardo ai valori di perdita in massa per abrasione; in caso di deroga, la classe di resistenza

progettualmente prevista, esclusivamente per i conglomerati cementizi di tipo I e II, dovrà essere aumentata di 5 MPa, all'Impresa nulla sarà dovuto per questo aumento di classe.

Gli aggregati dovranno essere costituiti da elementi non gelivi privi di parti friabili e polverulente o scistose, argilla e sostanze organiche; non dovranno contenere i minerali pericolosi: pirite, marcasite, pirrotina, quarzo ad estensione ondulata, gesso e solfati solubili (per questi ultimi si veda la tabella 15 A).

A cura ed a spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, dovrà essere accertata, mediante esame mineralogico (UNI 8520 parte 4) presso un Laboratorio Ufficiale, l'assenza dei minerali indesiderati suddetti e di forme di silice reattiva verso gli alcali del cemento (opale, calcedonio, tridimite, cristobalite, quarzo cristallino in stato di alterazione o tensione, selce, vetri vulcanici, ossidiane), per ciascuna delle cave di provenienza dei materiali.

Copia della relativa documentazione dovrà essere custodita dalla Direzione Lavori e dall'Impresa. Tale esame verrà ripetuto con la frequenza indicata nella tabella 15 A e comunque almeno una volta all'anno.

Ove fosse presente silice reattiva si procederà all'esecuzione delle prove della Norma UNI 8520 parte 22, punto 3, con la successione e l'interpretazione ivi descritte.

TABELLA 15 A - Caratteristiche degli Aggregati

CARATTERISTICHE	PROVE	NORME	TOLLERANZA DI ACCETTABILITÀ
Gelività degli aggregati	Gelività	CNR 80 e UNI 8520 PARTE 20	perdita di massa <4% dopo 20 cicli
Resistenza alla abrasione	Los Angeles	CNR 34 e UNI 8520 parte 19	perdita di massa L.A. 30%
Compattezza degli aggregati	Degradabilità alle soluzioni solfatiche	UNI 8520 parte 10	perdita di massa dopo 5 cicli <10%
Presenza di gesso e solfati solubili	Analisi chimica degli inerti	UNI 8520 parte 11	SO ₃ < 0,05%
Presenza di argille	Equivalente in sabbia	UNI 8520 parte 15	ES > 80 VB < 0,6 cm ³ /g di fini
Presenza di pirite, marcasite, pirrotina e quarzo ad estinzione ondulata	Analisi petrografica	UNI 8520 parte 4	assenti
Presenza di sostanze organiche	Determinazione colorimetrica	UNI 8520 parte 14	Per aggregato fine: colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento
Presenza di forme di silice reattiva	Potenziale reattività dell'aggregato - metodo chimico; Potenziale attività delle miscele cemento aggregati - metodo del prisma di malta	UNI 8520 parte 22	UNI 8520 parte 22 Punto 4 UNI 8520 parte 22 Punto 5
Presenza di cloruri solubili	Analisi chimica	UNI 8520 parte 12	Cl < 0,05%
Coefficiente di forma e di appiattimento	Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento	UNI 8520 parte 18	Cf>0,15 (Dmax=32 mm) Cf>0,12 (Dmax=64 mm)
Frequenza delle prove	La frequenza sarà definita dal progettista e/o prescritta dalla Direzione Lavori. Comunque		

CARATTERISTICHE	PROVE	NORME	TOLLERANZA DI ACCETTABILITÀ
	dovranno essere eseguite prove: prima dell'autorizzazione all'impiego; per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava; ogni 8.000 m ³ di aggregati impiegati.		

Nella tabella 15 A sono riepilogate alcune delle principali prove cui devono essere sottoposti gli aggregati, con l'indicazione delle norme di riferimento, delle tolleranze di accettabilità e della frequenza.

Saranno rifiutati pietrischetti, pietrischi e graniglie aventi un coefficiente di forma, determinato secondo UNI 8520 parte 18, minore di 0,15 (per un D max fino a 32 mm) e minore di 0,12 (per un D max fino a 64 mm).

Controlli in tal senso sono richiesti con frequenza di una prova ogni 8000 m³ impiegati.

La curva granulometrica delle miscele di aggregato per conglomerato cementizio dovrà essere tale da ottenere il massimo peso specifico del conglomerato cementizio a parità di dosaggio di cemento e di lavorabilità dell'impasto e dovrà permettere di ottenere i requisiti voluti sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, lavorabilità, aria inglobata, ecc.) che nell'impasto indurito (resistenza, permeabilità, modulo elastico, ritiro, viscosità, durabilità, ecc.).

La curva granulometrica dovrà risultare costantemente compresa nel fuso granulometrico approvato dalla Direzione dei Lavori e dovrà essere verificata ogni 1000 m³ di aggregati impiegati.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla granulometria della sabbia al fine di ridurre al minimo il fenomeno dell'essudazione (bleeding) nel conglomerato cementizio.

All'impianto di betonaggio gli aggregati dovranno essere suddivisi in almeno 3 pezzature; la più fine non dovrà contenere più del 15% di materiale trattenuto al vaglio a maglia quadrata da 5 mm di lato.

Le singole pezzature non dovranno contenere sottoclassi in misura superiore al 15% e sovraclassi in misura superiore al 10% della pezzatura stessa.

La dimensione massima (Dmax) dell'aggregato deve essere tale da permettere che il conglomerato possa riempire ogni parte del manufatto; dovrà pertanto risultare:

- minore di 0,25 volte la dimensione minima delle strutture;
- minore della spaziatura minima tra le barre di armatura, diminuita di 5 mm;
- minore di 1,3 volte lo spessore del copriferro tranne che per interni di edifici (norma UNI 8981/5).

Per realizzare conglomerati cementizi per strati coibenti, colmature di solai di copertura, ecc., si dovrà utilizzare come aggregato, un metro cubo di argilla espansa per ogni 200 kg di cemento.

3.2.4 ACQUA D'IMPASTO

L'acqua utilizzata per il confezionamento dei conglomerati cementizi proverrà da fonti ben definite che diano acqua rispondente alle caratteristiche specificate all'art. 2.

Sono ammesse come acqua di impasto per i conglomerati cementizi l'acqua potabile e le acque naturali rispondenti ai requisiti di seguito riportati. Sono escluse le acque provenienti da scarichi (civili, industriali, ecc.).

L'acqua di impasto dovrà avere un contenuto in sali disciolti inferiore a 1 g per litro.

In merito al contenuto di ione cloruro nell'acqua per i manufatti in cemento armato normale o pre-compresso, si dovrà tener conto dei limiti previsti dalla Norma UNI 8981 parte 5 per il contenuto totale di tale ione.

La quantità di materiale inorganico in sospensione dovrà essere inferiore a 2 g/l; la quantità di sostanze organiche (COD) inferiore a 0,1 g/l.

L'acqua dovrà essere aggiunta nella quantità prescritta in relazione al tipo di conglomerato cementizio, tenendo conto dell'acqua contenuta negli aggregati, (si faccia riferimento alla condizione "satura a superficie asciutta" della Norma UNI 8520 parte 5).

3.2.5 ADDITIVI

L'Impresa dovrà impiegare additivi garantiti dai produttori per qualità e costanza di effetto e di concentrazione; le loro caratteristiche dovranno essere verificate preliminarmente in sede di qualifica di conglomerati cementizi.

Gli additivi dovranno rispondere alle Norme UNI 7101, 7102, 7103, 7104, 7105, 7106, 7107, 7108, 7109, 7120 e 8145.

Nel caso di uso contemporaneo di più additivi l'Impresa dovrà fornire alla Direzione Lavori la prova della loro compatibilità.

Ad ogni carico di additivo giunto in cantiere, l'Impresa dovrà consegnare alla Direzione lavori, copia fotostatica del documento di trasporto ed il certificato d'origine fornito dal produttore, che attesti la Conformità, a quanto preliminarmente approvato, circa le caratteristiche dell'additivo.

La quantità di additivo liquido che superi 3 l/m³ di calcestruzzo deve essere presa in conto nel calcolo del rapporto a/c.

Gli additivi dovranno essere aggiunti al conglomerato cementizio nel premiscelatore in soluzione con l'acqua d'impasto con un sistema meccanico che consenta di aggiungere l'additivo con una tolleranza sulla quantità prescritta non superiore al 5% ed inoltre che assicuri la sua uniforme distribuzione nella massa del conglomerato cementizio durante il periodo di miscelazione.

3.2.5.1 Additivi fluidificanti, superfluidificanti e iperfluidificanti

Allo scopo di realizzare conglomerati cementizi impermeabili e durevoli a basso rapporto a/c ed elevata lavorabilità (vedi tab. 15 C) si farà costantemente uso di additivi fluidificanti e superfluidificanti del tipo approvato dalla Direzione Lavori.

A seconda delle condizioni ambientali e dei tempi di trasporto e lavorazione, potranno essere impiegati anche additivi del tipo ad azione mista fluidificante-aerante, fluidificante-ritardante e fluidificante-accelerante.

Non dovranno essere impiegati additivi a base di cloruri o contenenti cloruri di calcio.

Il loro dosaggio dovrà essere definito in fase di qualifica dei conglomerati cementizi sulla base delle indicazioni del fornitore.

Per conglomerati cementizi che debbono avere particolari requisiti di resistenza e durabilità, se previsti in progetto, dovranno essere impiegati additivi iperfluidificanti a base acrilica (caratterizzati da una riduzione d'acqua di almeno il 30%).

3.2.5.2 Additivi aeranti

Per conglomerati cementizi soggetti durante l'esercizio a cicli di gelo-disgelo, si farà costantemente uso di additivi aeranti.

La percentuale di aria inglobata varierà secondo quanto riportato nella tabella 15 B in rapporto alla dimensione massima degli aggregati (Dmax) e sarà misurata sul conglomerato cementizio fresco prelevato all'atto della posa in opera secondo la relativa Norma UNI 6395.

L'Impresa dovrà adottare le opportune cautele affinché, per effetto dei procedimenti di posa in opera e compattazione attuati, non si abbia una riduzione del tenore d'aria effettivamente inglobata al di sotto dei limiti della tabella.

Gli aeranti dovranno essere conformi a quanto indicato nella norma ASTM C 260.

TABELLA 15 B - Dosaggio richiesto di aria inglobata

Dmax Aggregati (mm)	% aria occlusa *
10	7
12,5	6,5
20	6
25	5
40	4,5
50	4
75	3,5

(*) Tolleranza $\pm 1\%$

Il contenuto d'aria inglobata nel conglomerato cementizio indurito potrà essere verificato con il procedimento descritto nello Standard ASTM C 457 o con procedimento simile.

In alternativa all'uso di additivi aeranti è consentito l'impiego di microsfele di plastica di diametro compreso tra 0,010 e 0,050 mm.

L'Impresa dovrà preventivamente fornire in proposito un'adeguata documentazione, basata sull'esecuzione di cicli gelo-disgelo secondo la Normativa UNI.

3.2.5.3 Additivi ritardanti e acceleranti

Gli additivi ritardanti riducono la velocità iniziale delle reazioni tra il legante e l'acqua aumentando il tempo necessario ai conglomerati cementizi per passare dallo stato plastico a quello rigido, senza influenzare lo sviluppo successivo delle resistenze meccaniche, dopo la maturazione a 28 gg.

Gli additivi acceleranti aumentano la velocità delle reazioni tra il legante e l'acqua e conseguentemente lo sviluppo delle resistenze dei conglomerati cementizi senza pregiudicare la resistenza finale degli impasti.

I tipi ed i dosaggi impiegati dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

3.2.5.4 Additivi antigelo

Gli additivi antigelo, che dovranno essere esenti da cloruri, abbassano il punto di congelamento dell'acqua d'impasto ed accelerano alle basse temperature i processi di presa e indurimento dei conglomerati cementizi.

Dovranno essere impiegati soltanto su disposizione della Direzione Lavori, che dovrà approvarne preventivamente tipo e dosaggio.

3.2.6 TIPI E CLASSI DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

Ai fini delle presenti Norme Tecniche di Appalto, vengono presi in considerazione tipi e classi di conglomerato cementizio:

- i "tipi" sono definiti nella tabella 15 C, nella quale sono indicate alcune caratteristiche dei conglomerati cementizi e sono esemplificati i relativi campi di impiego;
- le "classi" indicano la resistenza caratteristica cubica del conglomerato cementizio a ventotto giorni di maturazione, espressa in MPa.

TABELLA 15 C -Tipi di impiego e classi dei conglomerati cementizi (Norme UNI 9858 e ENV 206)

TIPO DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO	IMPIEGO DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI	CEMENTI AMMESSI *	MASSIMO RAPPORTO A/C AMMESSO	CONSISTENZA UNI 9418 abbassamento al cono	ACQUA ES-SUDATA UNI 7122	CLASSI fck Rck **** Classi di resist. minime *****
I	- Impalcati in c.a. e c.a.p., pile e spalle di ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia, ponticelli di luce superiore a 8,00 m, new jersey; - Barriere e parapetti in cemento armato	CEM III CEM IV	0,45	S4 16÷20 cm ***	< 0,1%	> 32/40 MPa
II	- Muri di sottoscarpa e controripa in c.a., ponticelli di luce fino a 8,00 m - Tombini scatolari; - Fondazioni armate (plinti, pali, diaframmi, ecc.); - Conglomerati cementizi per cunette, cordoli, pavimentazioni; - Rivestimenti ed archi rovesci di gallerie	CEM III CEM IV CEM I II e V **	0,50	S4 16÷20 cm ***	< 0,1%	> 25/30 MPa
III	- Muri di sottoscarpa e controripa in conglomerato cementizio anche se debolmente armato (fino ad un max di 30 kg di acciaio per metro cubo); - Fondazioni non armate (pozzi, sottoplinti, ecc.); - Rivestimenti di tubazione (tombini tubolari, ecc.) e riempimenti; - Prismi per difese spondali	CEM III CEM IV I II CEM V **	0,55	S4 16÷20 cm ***	< 0,2%	> 20/25 MPa

* In presenza di concentrazioni di solfati e CO² aggressiva, valgono le prescrizioni di cui nel seguito

** Ammesso alle condizioni di cui ai precedenti paragrafi

*** Tranne che per particolari manufatti quali pareti sottili a vibrazione programmata, barriere New Jersey o simili che richiedano abbassamenti al cono minori; e/o diverse prescrizioni progettuali.

**** Il simbolo fck si riferisce a provini cilindrici mentre il simbolo Rck si riferisce a quelli cubici

***** Salvo diverse esigenze e/o prescrizioni progettuali.

3.2.7 QUALIFICA PRELIMINARE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

L'Impresa è tenuta all'osservanza della Legge 5/11/1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" nonché delle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della predetta legge (D.M. in vigore).

L'Impresa, sulla scorta delle prescrizioni contenute nei progetti esecutivi delle opere in conglomerato cementizio semplice e armato (normale e precompresso), relativamente a caratteristiche e prestazioni dei conglomerati cementizi stessi, avuto particolare riferimento a:

- classe di esposizione in funzione delle condizioni ambientali (UNI 9858/91); -resistenza caratteristica a compressione f_{ch} o R_{ck} ;
- durabilità delle opere (UNI 8981);
- lavorabilità (abbassamento al cono di ABRAMS UNI 9418/89);
- diametro massimo dell'aggregato (UNI 8520);
- tipi di cemento e dosaggi minimi ammessi;
- eventuali tipi di additivi e di aggiunte minerali e relativi dosaggi ottimali da utilizzarsi;
- resistenza a trazione per flessione secondo UNI 6133/83;
- resistenza a compressione sui monconi dei provini rotti per flessione (UNI 6134);
- resistenza a trazione indiretta (UNI 6135);
- modulo elastico secante a compressione (UNI 6556);
- contenuto d'aria del conglomerato cementizio fresco (UNI 6395); -ritiro idraulico (UNI 6555);
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo (UNI 7087);
- impermeabilità (ISO DIS 7032) (DIN 1048);
- accorgimenti da adottare in caso di lavorazioni da eseguirsi in presenza di temperature rigide (al di sotto di 5 °C);
- in caso di maturazione accelerata a vapore: descrizione del ciclo termico e descrizione dell'impianto che l'Impresa intenderà utilizzare.

L'Impresa dovrà qualificare i materiali e gli impasti in tempo utile prima dell'inizio dei lavori, sottoponendo all'esame della Direzione Lavori:

- a) i campioni dei materiali che intende impiegare, indicando provenienza, tipo e qualità dei medesimi;
- b) la caratterizzazione granulometrica degli aggregati;
- c) il tipo e il dosaggio del cemento, il rapporto acqua/cemento, lo studio della composizione granulometrica degli aggregati, il tipo e il dosaggio degli additivi che intende usare, il contenuto di aria inglobata, il valore previsto della consistenza misurata con il cono di Abrams, per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio;
- d) la caratteristica dell'impianto di confezionamento ed i sistemi di trasporto, di getto e di maturazione;

- e) i risultati delle prove preliminari di resistenza meccanica sui cubetti di conglomerato cementizio da eseguire con le modalità più avanti descritte;
- f) lo studio dei conglomerati cementizi ai fini della durabilità, eseguito secondo quanto precisato successivamente;
- g) i progetti delle opere provvisorie e provvisionali (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato la documentazione per la qualifica dei materiali e degli impasti di conglomerato cementizio e dopo aver effettuato, in contraddittorio con l'Impresa, impasti di prova del calcestruzzo per la verifica dei requisiti di cui alla tabella 15 C.

Dette prove saranno eseguite sui campioni confezionati in conformità a quanto proposto dall'Impresa ai punti a), b), c) e f).

I laboratori, il numero dei campioni e le modalità di prova saranno quelli indicati dalla Direzione Lavori; tutti gli oneri relativi saranno a carico dell'Impresa.

Caratteristiche dei materiali e composizione degli impasti, definite in sede di qualifica, non possono essere modificati in corso d'opera salvo autorizzazione scritta della Direzione Lavori.

Qualora si prevedesse una variazione dei materiali, la procedura di qualifica dovrà essere ripetuta.

Qualora l'Impresa impieghi conglomerato cementizio preconfezionato pronto all'uso, per il quale si richiama la Norma UNI 9858/91, le prescrizioni sulla qualificazione dei materiali, la composizione degli impasti e le modalità di prova, dovranno essere comunque rispettate.

Si puntualizza che per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio dovrà essere impiegato esclusivamente "conglomerato cementizio a prestazione garantita" secondo la Norma UNI 9858/91.

In nessun caso verrà ammesso l'impiego di "conglomerato cementizio a composizione richiesta" secondo la stessa Norma; tutto ciò dicasi anche per il calcestruzzo non strutturale utilizzato per spianamenti, sottofondazioni, riempimenti, ecc., che dovrà essere confezionato con materiali idonei ed avere classe di resistenza > di 12/15 MPa.

3.2.8 CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

La Direzione Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica.

3.2.8.1 Prova sui materiali e sul conglomerato cementizio fresco

Fermo restando quanto stabilito nei successivi capitoli riguardo alla resistenza dei conglomerati cementizi, la Direzione Lavori si riserva la facoltà di prelevare, in ogni momento e quando lo ritenga oppor-

tuno, ulteriori campioni di materiali o di conglomerato cementizio da sottoporre ad esami o prove di laboratorio.

In particolare in corso di lavorazione sarà controllata la consistenza, l'omogeneità, il contenuto d'aria, il rapporto acqua/cemento e l'acqua essudata (bleeding).

La prova di consistenza si eseguirà misurando l'abbassamento al cono d'ABRAMS (slump), come disposto dalla Norma UNI 9418/89. Detta prova sarà effettuata ad ogni autobetoniera, nei pressi del getto, dal personale del laboratorio dell'Impresa o dal personale dei laboratori di fiducia della Direzione Lavori.

Quando la consistenza prevista progettualmente è definita come S1, S2, S3, S4 e S5, l'effettivo abbassamento in centimetri cui fare riferimento per la valutazione della prova sarà quello riportato nello studio progettuale.

Ad ogni controllo sarà redatto un apposito rapporto di prova strutturato secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

Qualora l'abbassamento, con tolleranza di ± 1 cm, non fosse quello progettualmente previsto l'autobetoniera sarà allontanata dal cantiere; sarà premura della Direzione Lavori accertare che il conglomerato in essa contenuto non sia oggetto d'eventuali manipolazioni, ma sia definitivamente scartato in quanto non idoneo.

Tale prova sarà considerata significativa per abbassamenti compresi 2 e 23 cm.

Per abbassamenti inferiori a 2 cm si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo la Norma UNI 8020/89 o con l'apparecchio VEBE secondo la Norma UNI 9419/89.

La prova d'omogeneità sarà eseguita vagliando ad umido due campioni di conglomerato, prelevati a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera, attraverso il vaglio a maglia quadra da 4 mm. La percentuale in peso di materiale grosso nei due campioni non dovrà differire più del 10%. Inoltre lo slump dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire più di 3 cm.

La prova del contenuto d'aria è richiesta ogni qualvolta s'impieghi un additivo aerante e dovrà essere effettuata sul contenuto d'ogni betoniera, dal personale del laboratorio dell'Impresa e dal personale del laboratorio della Direzione Lavori; quando il contenuto percentuale d'aria microocclusa non sarà quello preliminarmente stabilito, l'autobetoniera sarà allontanata dal cantiere.

Sarà premura della Direzione Lavori accertare che il conglomerato in essa contenuto non sia oggetto d'eventuali manipolazioni, ma sia definitivamente scartato in quanto non idoneo. Essa sarà eseguita secondo la Norma UNI 6395/72.

Il rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio fresco dovrà essere controllato in cantiere, secondo la Norma UNI 6393/88, almeno una volta per ogni giorno di getto.

In fase d'indurimento potrà essere prescritto il controllo della resistenza a diverse epoche di maturazione, su campioni appositamente confezionati.

Sul conglomerato cementizio indurito la Direzione Lavori potrà disporre l'effettuazione di prove e controlli mediante prelievo di carote e/o altri sistemi anche non distruttivi quali ultrasuoni, misure di resistenza, misure di pull out con tasselli Fischer, contenuto d'aria da aerante, ecc..

3.2.9 RESISTENZA DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

Per ciascuna determinazione in corso d'opera delle resistenze caratteristiche a compressione dei conglomerati cementizi, dovranno essere eseguite due serie di prelievi da effettuarsi in conformità alle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 1086 del 5/11/1971 (D.M. del in vigore).

I prelievi, eseguiti in contraddittorio con l'Impresa, verranno effettuati separatamente per ogni opera, per ogni singola parte di essa e per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio previsti negli elaborati progettuali.

Per ogni prelievo eseguito dovranno essere confezionati minimo 4 provini, per le strutture in c.a. e minimo 6 provini per le strutture in c.a.p.

Di tali operazioni, eseguite a cura e spese dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori, secondo le Norme UNI vigenti, verranno redatti appositi verbali numerati progressivamente e controfirmati dalle parti.

I provini, contraddistinti col numero progressivo del relativo verbale di prelievo, verranno custoditi a cura e spese dell'Impresa in locali ritenuti idonei dalla Direzione Lavori, previa apposizione di sigilli e firma del Direttore dei Lavori, o del Responsabile Controllo Qualità Materiali da lui incaricato e dell'Impresa, nei modi più adatti a garantire la autenticità e la corretta stagionatura (UNI 6127).

Con i provini della prima serie (coppia) di prelievi, verranno effettuate presso i Laboratori della Direzione Lavori, alla presenza dell'Impresa, le prove atte a determinare le resistenze caratteristiche alle differenti epoche di stagionatura di seguito elencate:

- 7 gg. per i cementi armati;
- 3 gg. e 7 gg. per i cementi armati precompressi.

Potranno inoltre essere confezionati e sottoposte a prova ulteriori quantità di provini secondo le disposizioni che al riguardo saranno impartite dalla Direzione Lavori. I risultati delle prove di rottura, effettuati sui provini della prima serie (coppia) di prelievi, saranno presi a base per la contabilizzazione provvisoria dei lavori, a condizione che il valore della resistenza caratteristica a compressione a 28 gg. di maturazione accertato per ciascun tipo e classe di calcestruzzo, non risulti inferiore a quello della classe indicata negli elaborati progettuali.

Nel caso che, la resistenza caratteristica ricavata dalle prove della prima serie di prelievi, risultasse essere inferiore a quella prevista, la Direzione Lavori, nell'attesa dei risultati ufficiali, potrà a suo insindacabile giudizio ordinare la sospensione dei getti dell'opera interessata senza che l'Impresa possa accampare per questo alcun diritto.

I provini della seconda serie di prelievi dovranno essere sottoposti a prove presso Laboratori Ufficiali.

Se dalle prove eseguite presso Laboratori Ufficiali, sui provini della seconda serie di prelievi, risultasse un valore (fck o Rck) inferiore di non più del 10% rispetto a quello della classe indicata negli elaborati progettuali, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, effettuerà una determinazione sperimentale della resistenza meccanica del conglomerato cementizio in opera e successivamente una verifica della sicurezza.

Nel caso che tale verifica dia esito positivo, il conglomerato cementizio verrà accettato, ma verrà applicata una penale.

Qualora, poi, la resistenza caratteristica risultasse minore di quella richiesta di più del 10%, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spese, alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi dovranno essere formalmente approvati dal Progettista.

Nulla sarà dovuto all'Impresa se la resistenza (fck o Rck) risulterà maggiore a quella indicata negli elaborati progettuali.

Saranno a carico dell'Impresa tutti gli oneri relativi alle prove di Laboratorio, sia effettuate presso i laboratori della Direzione Lavori, sia presso i Laboratori Ufficiali, comprese le spese per il rilascio dei certificati.

3.2.10 DURABILITÀ DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

La durabilità delle opere in conglomerato cementizio è definita dalla capacità di mantenere nel tempo, entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio, i valori delle caratteristiche funzionali in presenza di cause di degradazione.

Le cause di degradazione più frequenti sono i fenomeni di corrosione delle armature, i cicli di gelo-disgelo, l'attacco di acque aggressive di varia natura e la presenza di solfati, di cloruri, anidride carbonica aggressiva ecc.

La degradazione va prevenuta applicando nelle fasi di progettazione e di esecuzione le Norme UNI 8981/87 e 9858/91.

La Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista (che dovrà documentare nel progetto delle opere l'adozione delle istruzioni di cui alla Norma UNI 8981/87) e con l'Impresa, verificherà in fase di qualifica dei materiali e degli impasti l'efficacia dei provvedimenti da adottare in base alle suddette Norme UNI.

Devesi tenere conto infatti che la durabilità si ottiene mediante l'impiego di conglomerato cementizio poco permeabile, eventualmente aerato, a basso rapporto a/c, di elevata lavorabilità, con adeguato dosaggio di cemento del tipo idoneo, mediante compattazione adeguata, rispettando i limiti del tenore di ione cloruro totale nel conglomerato cementizio e curando scrupolosamente la stagionatura.

Oltre all'impiego di tale conglomerato cementizio riveste fondamentale importanza anche lo spessore del copriferro e la eventuale presenza di fessurazioni dei manufatti.

In presenza di concentrazioni sensibili di solfati e di anidride carbonica aggressiva nelle acque e nei terreni a contatto dei manufatti, dovranno essere osservate le istruzioni di cui alle Norme UNI 8981/87 parte 2a e parte 3a, impiegando i tipi di cemento corrispondenti alle classi di resistenza chimica moderata, alta ed altissima, secondo le prescrizioni delle Norme UNI 9156/87 e 9606/90; inoltre, per i conglomerati dei tipi II e III, il rapporto acqua cemento dovrà essere inferiore di 0,05 rispetto a quelli della Tabella 15 C.

In alternativa ad una prova globale di durabilità, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, farà eseguire, sempre in fase di qualifica, prove di resistenza ai cicli di gelo disgelo, di permeabilità, d'assorbimento d'acqua, di scagliamento in presenza di cloruro, di resistenza all'azione di soluzioni aggressive.

La prova di resistenza al gelo sarà svolta sottoponendo i campioni a 300 cicli di gelo e disgelo, secondo UNI 7087; la conseguente variazione delle proprietà caratteristiche dovrà essere contenuta entro i limiti sotto riportati:

- riduzione del modulo d'elasticità: 20%
- perdita di massa: 2%
- espansione lineare: 0.2%
- coefficiente di permeabilità:
 - prima dei cicli 10-9 cm/sec
 - dopo i cicli 10-8 cm/sec

La prova di permeabilità sarà eseguita misurando il percolamento d'acqua attraverso provini sottoposti a pressione d'acqua su una faccia o, se disponibile, secondo il metodo di Figg (specificata Autostrade riportata al successivo punto 15.8).

La prova d'assorbimento d'acqua alla pressione atmosferica sarà eseguita secondo il procedimento UNI 7699.

La prova di scagliatura sarà eseguita secondo la relativa Norma UNI in preparazione.

La prova di penetrabilità dello ione cloruro o solfato sarà eseguita secondo la UNI 7928 o rispettivamente 8019.

3.3 Acciaio per c.a.

3.3.1 GENERALITÀ

Gli acciai per armature di c.a. debbono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabilite dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5/11/1971 n. 1086 (D.M. in vigore).

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dal citato D.M. in vigore.

L'unità di collaudo per acciai in barre tonde lisce ed in barre ad aderenza migliorata è costituita dalla partita del peso max di 25 t; ogni partita minore di 25 t deve essere considerata unità di collaudo indipendente.

Ogni carico di acciaio giunto in cantiere dovrà essere corredato dal certificato d'origine fornito dalla fonderia, riportante gli estremi del documento di trasporto. Qualora così non fosse, tutto il carico sarà rifiutato ed immediatamente allontanato, a cura e spese dell'Impresa, dal cantiere stesso.

3.3.2 ACCIAIO IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA

Ogni partita di acciaio in barre ad aderenza migliorata (Fe B 38K e Fe B 44K), controllata in stabilimento, sarà sottoposta a controllo in cantiere prelevando almeno 3 spezzoni con la frequenza stabilita dal Direttore dei Lavori.

I campioni saranno prelevati in contraddittorio ed inviati a cura ed a spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, ad un Laboratorio Ufficiale. Di tale operazione dovrà essere redatto apposito verbale controfirmato dalle parti.

La Direzione Lavori darà benestare per la posa in opera delle partite sottoposte all'ulteriore controllo in cantiere soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo.

Nel caso di esito negativo si procederà come indicato nel D.M. in vigore.

Se anche dalla ripetizione delle prove risulteranno non rispettati i limiti richiesti, la Direzione Lavori dichiarerà la partita non idonea e l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese ad allontanarla dal cantiere.

3.3.3 RETI IN BARRE DI ACCIAIO ELETTROSALDATE

Le reti saranno in barre del tipo Fe B 44k, controllate in stabilimento, di diametro compreso tra 4 e 12 mm, con distanza assiale non superiore a 35 cm.

Dovrà essere verificata la resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo, come indicato nel DM in vigore.

Per il controllo delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura si richiamano le norme di cui al precedente punto.

Ferrovie Appulo Lucane

Linea ferroviaria Altamura - Avigliano Lucania. Progetto preliminare dei lavori di rinnovo del binario con sistemazione sede, opere d'arte e canalizzazione impianti tecnologici sulla tratta Cancellara - Oppido

4 Prescrizioni tecniche per l'esecuzione delle opere

L'esecuzione delle opere dovrà avvenire in ottemperanza alle Leggi, ai regolamenti vigenti ed alle prescrizioni degli enti competenti in materia di Lavori Pubblici.

4.1 Scavi

4.1.1 NORME GENERALI

Nel seguito si definisce scavo ogni movimentazione di masse di terreno dal sito originario finalizzata all'impianto di opere costituenti l'infrastruttura ferroviaria e le sue pertinenze e le opere di cantierizzazione, tra cui:

- impianti di rilevati;
- impianti di opere d'arte;
- cunette, accessi, passaggi e rampe, etc.

Gli scavi vengono distinti in scavi di sbancamento e scavi di fondazione.

Gli scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici. Nella esecuzione dei lavori di scavo l'Impresa dovrà scrupolosamente rispettare le prescrizioni assumendosene l'onere, e farsi carico degli oneri di seguito elencati a titolo descrittivo e non limitativo:

1. profilare le scarpate degli scavi con inclinazioni appropriate in relazione alla natura ed alle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno, la cui stabilità dovrà essere accertata con apposite verifiche geotecniche a carico dell'Impresa. Rifornire il fondo e le pareti dello scavo non provvisoriale secondo quote e pendenze di progetto. Se il fondo degli scavi risultasse smosso, l'Impresa compatterà detto fondo fino ad ottenere una compattazione pari al 95% della massima massa volumica del secco ottenibile in laboratorio (Prova di compattazione

- AASHO modificata) (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972). Se negli scavi si superano i limiti assegnati dal progetto, non si terrà conto del maggior lavoro eseguito e l'Impresa dovrà, a sua cura e spese, ripristinare i volumi scavati in più, utilizzando materiali idonei;
2. al taglio delle piante, all'estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti e l'eventuale loro trasporto in aree apposite;
 3. all'eventuale demolizione di parte dell'infrastruttura esistente (muri controripa, ecc.);
 4. assicurare in ogni caso il regolare smaltimento e deflusso delle acque nonché gli esaurimenti, compresi gli oneri per il loro trattamento secondo le vigenti norme di legge;
 5. eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla D.L., scavi campione con prelievo di saggi e/o effettuazione di prove ed analisi per la definizione delle caratteristiche geotecniche (a totale carico dell'impresa);
 6. recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di scavo;
 7. provvedere, a proprie cure e spese, con qualsiasi sistema (paratie, palancolate, sbadacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi, in accordo a quanto prescritto dai documenti di progetto, ed in conformità alle norme di sicurezza e compensate con i prezzi relativi (costi per la sicurezza);
 8. adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campione, etc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrati di qualsiasi natura; inclusa, ove necessario, la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o provvisoriamente deviate;
 9. segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della D.L. , prima di procedere a fasi di lavoro successive o ai ricoprimenti. In caso di inosservanza la D.L. potrà richiedere all'Impresa di rimettere a nudo le parti occultate, senza che questa abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere o compenso.
 10. al reimpiego, così come previsto dal progetto, dei materiali provenienti dagli scavi per l'ampliamento dei rilevati esistenti o per la realizzazione di opere in terra. Il reimpiego sarà subordinato all'esito di prove di idoneità, eseguite a cura dell'Impresa, e sotto il controllo della D.L.. I materiali ritenuti idonei dovranno essere trasportati, a cura e spese dell'Impresa, al reimpiego o, ove necessario, in aree di deposito adatte. Se necessario saranno trattati per ridurli alle dimensioni prescritte dalle presenti norme e secondo necessità, ripresi e trasportati nelle zone di utilizzo.

I materiali provenienti dagli scavi che risultassero non idonei al reimpiego, dovranno essere trasportati, a cura e spesa dell'Impresa, a rifiuto nelle discariche indicate in progetto o individuate in corso d'opera, qualunque sia la distanza, dietro formale autorizzazione della D.L. (ordine di servizio), fatte salve le vigenti norme di legge e le autorizzazioni necessarie da parte degli Enti preposti alla tutela del terri-

torio e dell'ambiente, fermo restando che all'Impresa verrà riconosciuto un sovrapprezzo per il trasporto del materiale a discarica per distanze superiori ai 5 km, misurati per il percorso stradale più breve dal punto più vicino del cantiere come da voce di Elenco Prezzi. L'Impresa, a sua cura e spesa, dovrà ottenere la disponibilità delle aree di discarica e/o di deposito, dei loro accessi, e dovrà provvedere alle relative indennità, nonché alla sistemazione e alla regolarizzazione superficiale dei materiali di discarica secondo quanto previsto in progetto e/o prescritto dall'Ente Concedente la discarica.

Per i materiali ritenuti idonei ma che risultassero in esubero rispetto alla quantità occorrente per gli impieghi previsti nel progetto, la D.L. a suo insindacabile giudizio, potrà ordinare all'Impresa di accantonare i materiali provenienti dagli scavi su apposite aree per il loro riutilizzo successivo, anche su altri lotti contigui, senza che l'Impresa possa pretendere nulla, rimanendo a carico dell'Amministrazione le relative indennità di occupazione temporanea ed all'Impresa la sistemazione e la regolarizzazione superficiale dei materiali. Qualora il sito, da adibire a deposito temporaneo, sia concordemente individuato con la D.L. a distanza superiore a 5 km, le maggiori distanze verranno compensate con l'apposita voce di Elenco Prezzi.

4.1.2 SCAVI DI SBANCAMENTO

Sono così denominati gli scavi occorrenti per la formazione del sedime della sede ferroviaria e opere accessorie, portati a finitura secondo i tipi di progetto; gli scavi per le gradonature di ancoraggio per l'allargamento dei rilevati, per lo spianamento del terreno, per l'impianto di opere d'arte, per l'allargamento delle trincee; gli scavi per la formazione o approfondimento di cunette, di fossi e di canali.

4.1.3 SCAVI DI FONDAZIONE

Per scavi di fondazione si intendono quelli chiusi da pareti, di norma verticali, riproducenti il perimetro dell'opera, effettuati al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno lungo il perimetro medesimo.

Questo piano sarà determinato, a giudizio della Direzione Lavori, o per l'intera area di fondazione o per più parti in cui questa può essere suddivisa, a seconda sia dell'accidentalità del terreno, sia delle quote dei piani finiti di fondazione.

Gli scavi saranno, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, spinti alle necessarie profondità, fino al rinvenimento del terreno della capacità portante prevista in progetto. Qualora si rendesse necessario dopo l'esecuzione dello scavo, il ripristino delle quote per l'impronta della fondazione dell'opera, i materiali da utilizzare saranno i seguenti:

- per uno spessore di 30 ÷ 50 cm, sabbia fine lavata;
- per il rimanente spessore, materiali appartenenti al gruppo A1, anche provenienti da scavi.

Al termine del ripristino dei piani d'imposta, salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate dalla necessità di garantire maggiore stabilità alla fondazione, il modulo di deformazione M_d al primo ciclo di

carico su piastra (diametro 30 cm), dovrà risultare non inferiore a 40 MPa nell'intervallo tra $1,5 \div 2,5$ daN/cm².

I piani di fondazione saranno perfettamente orizzontali, o disposti a gradoni, con leggera pendenza verso monte per quelle opere che ricadessero sopra falde inclinate; le pareti saranno verticali od a scarpa.

Gli scavi di fondazione potranno essere eseguiti, ove ragioni speciali non lo vietino, anche con pareti a scarpa aventi la pendenza minore di quella prevista, ma in tal caso, nulla è dovuto per il maggiore scavo di fondazione e di sbancamento eseguito di conseguenza.

È vietato all'Impresa, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature o ai getti prima che la Direzione Lavori abbia verificato ed accettato i piani delle fondazioni. L'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese al riempimento, con materiali idonei, dei vuoti residui degli scavi di fondazione intorno alle murature ed al loro costipamento fino alla quota prevista. Per gli scavi a sezione obbligata, necessari per la collocazione di tubazioni, l'Impresa dovrà provvedere al rinterro, con materiali idonei, sopra le condotte e le fognature. Per gli scavi di fondazione si applicheranno le norme previste dal D.M. 11/3/1988 (Suppl. ord. alla G.U. 1/6/1988 n.127) e successivi aggiornamenti.

4.1.4 SCAVI SUBACQUEI

Gli scavi di fondazione sono considerati subacquei, solo se eseguiti a profondità maggiore di 20 cm sotto il livello costante a cui si stabilizzano le acque eventualmente esistenti nel terreno.

Gli esaurimenti d'acqua dovranno essere eseguiti con i mezzi più opportuni per mantenere costantemente asciutto il fondo dello scavo e tali mezzi dovranno essere sempre in perfetta efficienza, nel numero e con le portate e le prevalenze necessarie e sufficienti per garantire la continuità del prosciugamento.

Resta comunque inteso che, nell'esecuzione di tutti gli scavi, l'Impresa dovrà provvedere, di sua iniziativa ed a sua cura e spese:

- ad assicurare il naturale deflusso delle acque che si riscontrassero scorrenti sulla superficie del terreno, allo scopo di evitare che esse si versino negli scavi;
- a togliere ogni impedimento o ogni causa di rigurgito, che si opponesse così al regolare deflusso delle acque, anche ricorrendo all'apertura di canali fugatori;
- agli adempimenti previsti dalle vigenti leggi (Legge n. 319 del 10/05/1976 e successivi aggiornamenti ed integrazioni, leggi regionali emanate in applicazione della citata legge) in ordine alla tutela delle acque dall'inquinamento;
- all'espletamento delle pratiche per l'autorizzazione allo scarico nonché agli oneri per l'eventuale trattamento delle acque.

4.2 Demolizioni e rimozioni

4.2.1 DEMOLIZIONE DI MURATURE

Le demolizioni di murature di qualsiasi genere (armate e non), tombini, acquedotti, ecc., potranno essere integrali o in porzioni a sezione obbligata, eseguite in qualsiasi dimensione anche in breccia, entro e fuori terra, a qualsiasi altezza.

Verranno impiegati i mezzi previsti dal progetto e/o ritenuti idonei dalla D.L.:

- scalpellatura a mano o meccanica;
- martello demolitore o clipper;
- idrodemolitrice;
- agenti demolitori non esplosivi ad azione chimica con espansione lenta e senza propagazione dell'onda d'urto.

Le demolizioni dovranno con le necessarie precauzioni in modo da prevenire qualsiasi infortunio al personale addetto, evitando inoltre tassativamente di gettare dall'alto i materiali i quali dovranno invece essere trasportati o guidati in basso.

Inoltre l'Impresa dovrà prevedere, a sua cura e spese, di adottare tutti gli accorgimenti tecnici per puntellare e sbatacchiare le parti pericolanti e tutte le cautele al fine di non danneggiare le strutture sottostanti e le proprietà di terzi.

L'Impresa sarà pertanto responsabile di tutti i danni che una cattiva conduzione nelle operazioni di demolizioni potessero arrecare alle persone, alle opere e cose, anche di terzi.

Nel caso di demolizioni parziali potrà essere effettuato il trattamento con getto di vapore a 373 °K ed a una pressione di 0,7÷0,8 MPa per ottenere superfici di attacco pulite e pronte a ricevere i nuovi getti; i ferri dovranno essere tagliati, sabbiati e risagomati secondo le disposizioni progettuali.

I materiali di risulta saranno ceduti all'Impresa la quale potrà reimpiegare quelli ritenuti idonei dalla Direzione Lavori fermo restando l'obbligo di allontanare e trasportare a discarica quelli rifiutati.

4.2.2 IDRODEMOLIZIONI

L'idrodemolizione di strati di conglomerato cementizio su strutture di ponti e viadotti dovrà essere effettuata con l'impiego di idonee attrezzature atte ad assicurare getti d'acqua a pressione modulabile fino a 1500 bar, con portate fino a 300 l/min, regolabili per quanto attiene la velocità operativa.

Gli interventi dovranno risultare selettivi ed asportare gli strati di conglomerato degradati senza intaccare quelli aventi resistenza uguale o superiore alla minima indicata in progetto.

L'Impresa dovrà provvedere all'approvvigionamento dell'acqua occorrente per la demolizione del materiale e la pulizia della superficie risultante.

Le attrezzature impiegate dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori; dovranno essere dotate di sistemi automatici di comando e controllo a distanza, nonché di idonei sistemi di sicurezza contro la proiezione del materiale demolito.

Dovranno rispondere inoltre alle vigenti norme di Legge in materia antinfortunistica, alle quali l'Impresa dovrà uniformarsi in sede operativa.

4.3 Rinterri

Per rinterri si intendono i lavori di:

- bonifica: di zone di terreno non idoneo, al disotto del piano di posa di manufatti e rilevati, effettuata mediante sostituzione dei terreni esistenti con materiale idoneo;
- riempimento: di scavi relativi a fondazioni, trincee, cunicoli, pozzetti, etc. eseguiti in presenza di manufatti;
- sistemazione superficiale: eseguita con o senza apporto di materiale.

4.3.1 BONIFICA

La bonifica del terreno di appoggio del rilevato, nell'accezione più generale, dovrà essere eseguita in conformità alle previsioni di progetto, ed ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare zone di terreno non idoneo e/o comunque non conforme alle specifiche di progetto.

Pertanto il terreno in sito, per la parte di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche, dovrà essere sostituito con materiale selezionato appartenente ai gruppi (CNR-UNI 10006):

- A1, A3 se proveniente da cave di prestito; nel caso in cui il materiale appartenga al gruppo A3, deve presentare un coefficiente di uniformità (D60/D10) maggiore o uguale a 7;
- A1, A2-4, A2-5, A3, se proveniente dagli scavi; il materiale appartenente al gruppo A3 deve presentare un coefficiente di uniformità (D60/D10) maggiore o uguale a 7.

Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto) e compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta attraverso la prova di compattazione AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972).

Per il materiale dei gruppi A2-4 e A2-5, gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm (materiale sciolto).

Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'Impresa dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa.

4.3.2 RINTERRI

Per il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà utilizzarsi materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A1 ed A3 (UNI-CNR 10006) opportunamente compattato; il materiale appartenente al gruppo A3 dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D60/D10) maggiore o uguale a 7.

Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrate e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni).

4.3.3 SISTEMAZIONE SUPERFICIALE

La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali selezionati appartenenti esclusivamente ai gruppi A1 ed A3 (UNI-CNR 10006), con spandimento a strati opportunamente compatto fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta con energia AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto. Il materiale appartenente al gruppo A3 dovrà presentare un coeff. di uniformità (D60/D10) maggiore o uguale a 7.

4.4 Rilevati

4.4.1 DEFINIZIONE

Si definiscono con il termine di rilevati tutte quelle opere in terra destinate a formare il corpo stradale, le opere di presidio, i piazzali nonché il piano d'imposta delle pavimentazioni.

Le caratteristiche geometriche, la natura e le proprietà fisico meccaniche dei materiali da utilizzare per l'ampliamento del corpo dei rilevati esistenti sono quelle indicate dal Progettista.

Nel caso in cui l'Impresa non dovesse reperire i materiali previsti, potrà proporre alla Direzione Lavori soluzioni alternative che dovranno essere verificate ed accettate, d'intesa col Progettista.

Resta inteso che l'Impresa dovrà sottoporre alla preventiva approvazione della Direzione Lavori un progetto di dettaglio ad integrazione e conforto del progetto esecutivo nel quale dovrà indicare la natura e le proprietà fisico meccaniche dei materiali che intende adottare, le modalità esecutive, le sequenze cronologiche degli interventi.

Dovrà fornire inoltre una serie di verifiche di stabilità a breve e lungo termine relative al rilevato e al complesso rilevato-terreno di fondazione; dovrà altresì verificare il cedimento totale e differenziale del piano di imposta indicando il decorso dello stesso nel tempo.

L'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, eseguirà, a sua cura e spese, sondaggi geotecnici, pozzetti esplorativi, prove penetrometriche statiche e/o dinamiche, prove di carico su piastra e qualsiasi altra indagine aggiuntiva (prove geofisiche, etc), atte a verificare con sufficiente dettaglio che le caratteristiche locali stratigrafiche, idrogeologiche e fisico-meccaniche dei terreni di sedime siano conformi alle previsioni di progetto.

Salvo controindicazioni della Direzione Lavori i punti di indagine saranno posti ad intervalli di almeno 100 m e le indagini saranno spinte ad una profondità almeno pari alla metà della larghezza del piano di posa del rilevato.

4.4.2 PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA DEI RILEVATI

4.4.2.1 Scotico, bonifica e gradonature

Per la preparazione del piano di posa dei rilevati l'Impresa dovrà provvedere innanzitutto al taglio delle piante e all'estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti ecc. e al loro sistematico ed immediato allontanamento a discarica.

Sarà di seguito eseguita la totale asportazione del terreno vegetale sottostante l'impronta dell'allargamento previsto per il rilevato, per la profondità stabilita in progetto in accordo con le risultanze delle indagini di cui ai precedenti articoli e secondo le direttive impartite dal Direttore dei Lavori. L'Impresa provvederà a far sì che il piano di posa dei rilevati sia il più possibile regolare, privo di bruschi avvallamenti e tale da evitare il ristagno di acque piovane.

Dalle scarpate dei rilevati esistenti da allargare verrà asportato uno strato superficiale la cui profondità sarà stabilita dal progetto e ultimata l'asportazione del terreno vegetale e si dovrà provvedere all'esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (tra 1% e 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

Il piano di posa dei rilevati dovrà essere approvato previa ispezione e controllo da parte della Direzione Lavori; in quella sede la Direzione Lavori potrà richiedere ulteriori scavi di sbancamento per bonificare eventuali strati di materiali coesivi, teneri o torbosi, in accordo con il Progettista, o per l'asportazione dei materiali rimaneggiati o rammolliti per negligenza da parte dell'Impresa.

Laddove una maggiorazione di scavo sarà da imputarsi ad errori topografici, alla necessità di asportare quei materiali rimaneggiati o rammolliti per negligenza dell'Impresa o a bonifiche non preventivamente autorizzate dalla Direzione Lavori, l'Impresa eseguirà detti scavi e il relativo riempimento con idonei materiali, a sua cura e spese.

Il materiale proveniente dallo scavo di preparazione del piano di posa dei rilevati e dallo scavo di sbancamento per bonifica potrà essere reimpiegato se ritenuto idoneo nella sistemazione a verde delle scarpate; quello in eccesso dovrà essere immediatamente rimosso e portato nelle zone di discarica autorizzate.

Il quantitativo da reimpiegarsi nella sistemazione a verde delle scarpate sarà accantonato in località e con modalità precedentemente autorizzate dalla Direzione Lavori; l'accumulo di detti materiali dovrà comunque consentire il regolare deflusso delle acque e dovrà risultare tale che non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica.

4.4.2.2 Caratteristiche del piano di posa del rilevato e della pavimentazione in trincea

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione M_d al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) dovrà risultare non inferiore a:

- 200 daN/cm² per le zone di rilevato a distanza inferiore ad un metro dai bordi degli strati stessi;
- 400 daN/cm² per la restante zona centrale.

La variazione di detti valori al variare della quota dovrà risultare lineare.

Le caratteristiche di deformabilità dovranno essere accertate in modo rigoroso e dovranno ritenersi rappresentative, anche a lungo termine, nelle condizioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli; si fa esplicito riferimento a quei materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.) per i quali la determinazione del modulo di deformazione sarà affidata a prove speciali (edometriche, di carico su piastra in condizioni sature ecc.).

Il conseguimento dei valori minimi di deformabilità sopra indicati sarà ottenuto compattando il fondo dello scavo mediante rullatura eseguita con mezzi consoni alla natura dei terreni in posto.

Laddove le peculiari caratteristiche dei terreni in posto (materiali coesivi o semicoesivi, saturi o parzialmente saturi) rendessero inefficace la rullatura, la Direzione Lavori, sentito il Progettista, procederà ad un intervento di bonifica con l'impiego di materiali idonei adeguatamente miscelati e compattati.

4.4.3 FORMAZIONE DEL RILEVATO

Particolare attenzione e perizia dovranno essere adottate nella realizzazione delle opere di ampliamento dei rilevati ferroviari poiché su di essi si sviluppa la maggior parte della linea ferroviaria e dalla loro stabilità dipende quella del piano di posa del binario. I rilevati, normalmente previsti con pendenza delle scarpate 2 su 3, devono essere eseguiti tenendo conto delle seguenti modalità costruttive:

- le terre impiegate devono essere stese a strati di spessore adeguato ai mezzi di costipamento utilizzati e, comunque, non superiore a 50 cm per le terre dei gruppi 3 Ai e A2-4 e non superiore a 30 cm per le terre dei gruppi A2-5, A2-6, A2-7, A3 e A4;
- su ciascuna sezione trasversale, i materiali impiegati per ciascuno strato devono essere dello stesso gruppo e sottogruppo;
- la superficie superiore degli strati deve avere la pendenza trasversale del 3,5% e deve essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi;
- le terre devono essere inumidite od essiccate mediante aerazione, fino ad ottenere l'umidità ottimale corrispondente alla densità massima rilevata dalle prove di costipamento;
- ogni strato deve essere costipato in modo da raggiungere, in ogni punto, la densità secca pari al 95% della densità AASHO modificata prima di porre in opera un altro strato;
- il valore del modulo di deformazione dovrà risultare non inferiore a 200 daN/cm^2 per le zone di rilevato a distanza inferiore ad un metro dai bordi degli strati stessi e di 400 daN/cm^2 per la restante zona centrale;
- in relazione alle caratteristiche dei terreni di base dei rilevati, è necessario programmare i lavori di costruzione dei rilevati stessi e gli eventuali provvedimenti di bonifica o di acceleramento del consolidamento del terreno di posa, in modo che possano essere ultimati in tempo utile a garantire che gli assestamenti residui (dopo la fine della costruzione) siano non superiori al 10% dei cedimenti teorici e comunque inferiori a 5 cm;
- nel caso di rilevati di altezza superiore a 5-6 m devono essere eseguite banchine opportunamente dimensionate in larghezza (in genere 2 m);
- sulle scarpate dei rilevati deve essere posato uno strato di terreno vegetale umifero dello spessore di 20-30 cm, da stendere a cordoli orizzontali opportunamente costipati.

4.4.4 FONDAZIONE DEL RILEVATO FERROVIARIO

Il rilevato ferroviario potrà essere fondato su terreni non trattati ovvero trattati (in termini geotecnici "stabilizzati") in relazione alle proprietà meccaniche del sottofondo. In generale, la progettazione di una nuova linea ferroviaria deve essere preceduta dalla conoscenza dei terreni del sito, che si ottiene sia con indagini indirette (per esempio prospezioni geofisiche) sia con indagini dirette (per esempio sondaggi o pozzetti con prelievo di campioni di terra da sottoporre a prove di laboratorio). Schematicamente possiamo considerare tre diversi tipi di terreno del sito, distinti per la loro capacità portante (portanza), che rappresenta la capacità dei terreni stessi di sopportare i carichi verticali accidentali e permanenti trasmessi dal corpo: di portanza buona (rocce, terreni coerenti, arenarie, depositi ghiaioso-sabbiosi in assenza di falda o addensati in falda, argille sovraconsolidate, etc.), media (sabbie e limi poco addensati in presenza di falda, terreni limo-argillosi interessati da oscillazioni di falda) e scarsamente portanti e com-

pressibili (terreni organici, torbe, terreni argillosi con alto contenuto di minerali a proprietà rigonfianti, terreni eterogenei di riporto non addensati). Si interviene in maniera differenziata in relazione alle tipologie di terreno descritte.

4.4.4.1 Terreni di fondazione di buona portanza

La realizzazione di un rilevato su terreni di buona portanza, per i quali la presenza o meno di falda non muta sostanzialmente le proprietà geomeccaniche, comporta generalmente operazioni costruttive poco onerose. Esse consistono nell'asportazione della coltre superficiale (scotico), interessata dalla presenza di terreno vegetale o, comunque, di alterazione superficiale e nella sua sostituzione con altri terreni selezionati (anche provenienti dagli scavi) che formeranno la fondazione del rilevato. I terreni di sostituzione, meccanicamente costipati, dovranno avere un addensamento tale che, alla prova di carico su piastra, il "modulo di deformazione" non sia inferiore a 200 daN/cm^2 .

4.4.4.2 Terreni di fondazione mediamente portanti

Sono mediamente portanti quei terreni che, sotto carico, sono suscettibili di cedimenti per deformazione o rottura dello stato tensionale di equilibrio. In questi casi è necessario intervenire per migliorarne le caratteristiche geomeccaniche. Operativamente si procede alla realizzazione della fondazione con lo scotico del terreno vegetale ed alla sostituzione, detta "bonifica", di uno strato di terreno fino ad una profondità che, in relazione alle dimensioni del rilevato da realizzare, può arrivare sino ai 2 metri. Se i terreni di base sono a prevalente contenuto argilloso, si può intervenire anche mediante additivazione e miscelazione di sostanze stabilizzanti, come calce o cemento, che hanno la capacità di combinarsi chimicamente con i minerali argillosi presenti, modificandone la struttura molecolare e rendendo, nel tempo, l'argilla più stabile alle deformazioni. Inoltre può essere utile stendere, per tutta l'ampiezza dello scavo di fondazione, un telo di geotessile, con lo scopo di costituire un filtro antinquinante che separi il terreno argilloso sottostante dal terreno sostituito di fondazione. Qualora le escursioni di falda interessino il piano di posa del rilevato, può essere necessario porre in opera uno strato di materiale granulare, "anticapillare", che impedisca la risalita dell'acqua nel corpo del rilevato e che ne faciliti, invece, il deflusso. In genere, risulta opportuno che anche tale materiale granulare sia confinato in un telo di geotessile.

4.4.4.3 Terreni di fondazione fortemente compressibili

La realizzazione di un rilevato ferroviario stabile e duraturo nel tempo su terreni di bassissime caratteristiche geomeccaniche a coesione nulla, basso attrito interno ed elevata deformabilità, può risultare un'operazione molto complessa e costosa tanto che, talvolta, prima di procedere alla realizzazione dell'opera, è necessario valutare se sia più opportuno prevedere opere sostitutive o, addirittura, variare il tracciato. Le operazioni generalmente necessarie, oltre agli interventi già descritti nel punto precedente, consistono nell'eliminare o ridurre gli effetti delle oscillazioni del livello di falda disponendo, al di sotto del piano di fondazione, dreni verticali costituiti da sabbie monogranulari o materiali artificiali. Questi sistemi hanno lo scopo di deprimere localmente il livello di falda e far defluire le acque in eccesso, produ-

cendo l'effetto di un'accelerazione della consolidazione primaria dei terreni del sito. Qualora i carichi trasmessi dal rilevato provochino, comunque, deformazioni non compatibili con l'assetto geometrico della linea ferroviaria, si possono realizzare interventi particolari quali, ad esempio, quelli che trasferiscano i carichi trasmessi dal rilevato in profondità, oltrepassando la zona con caratteristiche geomeccaniche scarse ed interessando strati più profondi. Tra questi interventi si segnalano i cosiddetti "trattamenti colonnari verticali", di dimensioni fino a 1000 mm di diametro e profondità variabile. Tali trattamenti prevedono la miscelazione di calce e cemento, a secco o in soluzione acquosa, a bassa pressione, con il terreno del substrato.

4.5 Piattaforma ferroviaria

La realizzazione del rilevato ferroviario prevede la formazione di un ultimo strato di terreno granulare di elevata portanza, fortemente addensato, avente un fuso granulometrico stabilito, così da sopportare agevolmente i carichi trasmessi dall'esercizio e, allo stesso tempo, formare un piano granulometricamente "chiuso" in modo da permettere un facile deflusso delle acque d'infiltrazione.

Per la formazione di tale strato devono impiegarsi terreni appartenenti esclusivamente alle categorie A1, A2-4 e A3. In ogni punto la densità secca non deve essere inferiore al 98% della densità AASHO modificata ed il modulo di deformazione non deve essere inferiore a 800 daN/cm^2 . Devono comunque essere esclusi terreni di natura pozzolanica o altri materiali piroclastici. La superficie superiore dello strato deve avere una pendenza del 3,5% per consentire lo sgrondo delle acque meteoriche.

4.6 Subballast

Tra il ballast e la piattaforma del rilevato è verrà realizzato uno strato (subballast) con la funzione di:

- ripartire gradualmente i carichi;
- proteggere il corpo del rilevato dalle acque meteoriche di infiltrazione e dalle azioni prodotte dal gelo/disgelo;
- eliminare gli effetti di "rottura" del rilevato, provocati dall'azione penetrante degli elementi litoidi della massicciata ferroviaria;
- eliminare l'inquinamento della massicciata per risalita del materiale più sottile.

Per la formazione del subballast si utilizzare uno strato dello spessore di 12 cm di conglomerato bituminoso in virtù delle seguenti caratteristiche che contraddistinguono questa soluzione:

- insensibilità al gelo;
- facile reperibilità di fornitura;
- facile posa in opera e rapidità di esecuzione che permette la stesa giornaliera di grandi tratte;
- transito dei mezzi di cantiere a breve tempo dalla formazione della stesa;
- adattabilità (anche su superfici non perfettamente uniformi) ad eventuali cedimenti del sottofondo senza subire fessurazioni, conservando la capacità di distribuire i carichi;
- buona impermeabilità;

a fronte di alcuni svantaggi, tra cui l'instabilità alle alte temperature e la scarsa durabilità nel tempo derivante dalla sua costituzione chimica.

4.7 Trincee

L'allargamento delle trincee esistenti dovrà consentire l'allargamento della piattaforma ferroviaria previsto per l'inserimento del camminamento di servizio a fianco della massicciata. Le superfici laterali della trincea, la pendenza delle quali dipende dalla stabilità del terreno, sono le "scarpate". Per diminuire la sezione di scavo, ove previsto dal progetto, si prevederà l'esecuzione di "muri di controripa". Per assicurare il drenaggio delle acque di pioggia, si realizzerà un fosso di guardia in corrispondenza del "ciglio" di monte della scarpata e due cunette laterali ai lati della piattaforma. Il dimensionamento del fosso di guardia e delle cunette avviene per mezzo di considerazioni idrologiche e idrauliche. Anche per le trincee, la zona portante la sovrastruttura ferroviaria è rappresentata dallo strato fortemente compattato e dal subballast. Questi strati hanno le stesse caratteristiche di quelli impiegati nei rilevati ferroviari. Lo strato fortemente compattato è posto direttamente sugli strati di fondazione della trincea, a loro volta posti sui terreni del sito eventualmente stabilizzati con trattamenti specifici.

4.8 Zone di transizione tra i rilevati ferroviari e le opere d'arte

Le zone di transizione tra i rilevati ferroviari e le opere d'arte (ponticelli, tombini, ponti, gallerie) costituiscono punti della linea estremamente delicati: qualora esse non fossero adeguatamente realizzate,

infatti, si avrebbe un puntuale ed improvviso cambiamento di rigidezza verticale, con possibili conseguenze negative sull'assetto dell'armamento e quindi sul comfort e sulla sicurezza di marcia. In prossimità delle opere d'arte si prevede, quindi, una zona di transizione opportunamente realizzata, detta "blocco tecnico".

La modalità di esecuzione del blocco tecnico dipende sia dalla tipologia del manufatto a cui il rilevato si appoggia (opere d'arte maggiori, come ponti e viadotti, oppure opere d'arte minori, quali ponticelli o tombini), sia dalla tempistica realizzativa (rilevato costruito prima o dopo dell'opera d'arte). In ogni caso il blocco tecnico deve costituire una zona di terreno opportunamente trattato con l'interposizione di strati di conglomerato cementizio, in grado di garantire una continua e graduale variazione di rigidezza del sottotondo, dal rilevato all'opera d'arte, "diluendo" così gli inevitabili cedimenti differenziali.

4.9 Realizzazione di opere in conglomerato cementizio armato e non

4.9.1 CONFEZIONE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

La confezione dei conglomerati cementizi dovrà essere eseguita con gli impianti preventivamente sottoposti all'esame della Direzione Lavori.

Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico o semiautomatico, con dosatura a peso degli aggregati, dell'acqua, degli additivi, delle aggiunte minerali e del cemento; la precisione delle apparecchiature per il dosaggio e i valori minimi saranno quelli del punto 9.1.2.2 del prospetto della Norma UNI 9858; dovrà essere controllato il contenuto d'umidità degli aggregati.

Alla fine d'ogni turno di lavoro l'Impresa dovrà trasmettere al Responsabile del Controllo Qualità dei Materiali, incaricato dal Direttore dei Lavori, copia dei tabulati riportanti i dati di carico d'ogni impasto eseguito durante il turno stesso.

La mancata consegna dei tabulati comporterà la non accettazione del conglomerato cementizio prodotto durante l'intera giornata lavorativa.

La dosatura effettiva degli aggregati e del cemento dovrà essere realizzata con precisione del 3%.

Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi e tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta l'anno e comunque quando richiesto dalla Direzione Lavori.

Per l'acqua è ammessa anche la dosatura a volume.

La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 3% ed i relativi dispositivi dovranno essere tarati almeno una volta ogni due mesi o comunque quando richiesto dalla Direzione Lavori.

I dispositivi di misura del cemento, dell'acqua degli additivi e delle aggiunte dovranno essere del tipo individuale.

Le bilance per la pesatura degli aggregati possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale).

I silos del cemento degli additivi e delle aggiunte minerali debbono garantire la perfetta tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica.

Gli impasti dovranno essere confezionati in betoniere aventi capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesata senza debordare.

Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da produrre un conglomerato rispondente ai requisiti d'omogeneità di cui ai successivi paragrafi.

L'impasto dovrà risultare di consistenza uniforme ed omogeneo, uniformemente coesivo (tale cioè da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli elementi); lavorabile (in maniera che non rimangano vuoti nella massa o sulla superficie dei manufatti dopo eseguita la vibrazione in opera).

Se al momento della posa in opera la consistenza del conglomerato cementizio non è quella prescritta, lo stesso non dovrà essere impiegato per l'opera ma scaricato in luogo appositamente destinato dall'Impresa e reso noto alla Direzione Lavori in sede di prequalifica dei conglomerati cementizi.

Tuttavia se la consistenza è minore di quella prescritta (minore slump) e il conglomerato cementizio è ancora nell'autobetoniera, la consistenza può essere portata fino al valore prescritto mediante aggiunta d'additivi fluidificanti, e l'aggiunta sarà registrata sulla bolla di consegna.

Si pone assoluto divieto all'aggiunta d'acqua durante le operazioni di getto.

La produzione ed il getto del conglomerato cementizio dovranno essere sospesi nel caso che prevedibilmente la temperatura possa scendere al di sotto di 0 °C, salvo diverse disposizioni che la Direzione Lavori potrà dare volta per volta, prescrivendo in tal caso le norme e gli accorgimenti cautelativi da adottare, tenuto conto di quanto esposto nel paragrafo che segue.

4.9.2 DISPOSIZIONI ALLE QUALI ATTENERSI IN PRESENZA DI TEMPERATURE INFERIORI AI 5 °C E AL DI SOTTO DI 0 °C

Affinché il materiale sottoposto alle temperature esterne sopracitate non subisca danni irreparabili dovuti ad aumento di volume, (formazione del ghiaccio) e quindi al generarsi di tensioni interne, si rende necessaria l'adozione (in ordine cronologico) dei seguenti accorgimenti:

1. Rimuovere dall'interno dei casseri e della superficie dei ferri d'armatura eventuali residui di ghiaccio o di brina eventualmente venutasi a formare durante le ore in cui la temperatura subisce i cali maggiori (es. ore notturne).
2. Riscaldare il conglomerato cementizio durante la miscelazione attraverso il riscaldamento dei suoi ingredienti (prioritariamente l'acqua).
3. Calcolare il raffreddamento del calcestruzzo durante il trasporto.
4. Tenere conto dell'inevitabile raffreddamento del conglomerato cementizio durante il getto dalla betoniera nel cassero.
5. Isolare termicamente il getto per mantenere la temperatura a minimo 10 °C riducendo la dissipazione del calore d'idratazione sviluppata.

Come si evince da quanto sopra, l'Impresa, oltre a dover rispettare i parametri dichiarati in sede di studio progettuale, dovrà garantire una temperatura del conglomerato cementizio, tale da permettere l'ottenimento, durante la fase di maturazione, di minimo 10 °C.

Al fine di conferire al getto un adeguato isolamento termico, atto a mantenere una temperatura costante di 283 °K all'interno dei casseri, risulta necessario coibentare i casseri stessi, nonché proteggere le superfici esposte (solette) con idonee coperture.

Tutto ciò premesso, nella scelta degli accorgimenti occorrerà tenere conto dei seguenti parametri:

- spessore minimo della struttura;
- temperatura dell'ambiente;
- dosaggio di cemento;
- resistenza termica del cassero e dell'eventuale protezione aggiuntiva, affinché sia garantita la temperatura di cui sopra per un periodo minimo di permanenza nei casseri del conglomerato di 7 (sette) giorni.

Le disposizioni di cui sopra non sostituiscono, ma integrano, quelle che devono essere le caratteristiche peculiari di un conglomerato cementizio qualitativamente elevato, ossia il mantenimento del rapporto acqua/cemento entro il limite richiesto, un'adeguata lavorabilità tale da consentire un regolare deflusso ed assestamento del conglomerato entro i casseri e tra i ferri d'armatura, la quantità d'aria microocclusa in funzione del diametro massimo (D max) dell'aggregato ed infine, una corretta maturazione affinché si prevenga la formazione di fessure da "ritiro plastico".

I dettagli operativi, atti a garantire le prestazioni richieste, saranno inseriti dall'Impresa nello studio progettuale, secondo quanto previsto nelle presenti Norme Tecniche.

4.9.3 TRASPORTO

Il trasporto dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo d'impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del conglomerato cementizio medesimo.

Saranno accettate in funzione della durata e della distanza di trasporto, le autobetoniere e le benne a scarico di fondo ed, eccezionalmente, i nastri trasportatori.

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Impresa adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca d'uscita della pompa.

Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.

La durata massima consentita del trasporto dipenderà essenzialmente dalla composizione del calcestruzzo e dalle condizioni atmosferiche; all'atto dello scarico dovrà essere controllata l'omogeneità dell'impasto con la prova indicata nei seguenti paragrafi. È facoltà della Direzione Lavori di rifiutare carichi di conglomerato cementizio non rispondenti ai requisiti prescritti.

Questi ultimi, una volta rifiutati, non potranno essere oggetto d'eventuali "correzioni" ma dovranno essere definitivamente ed insindacabilmente riposti nell'apposito sito predisposto dall'Impresa.

4.9.4 POSA IN OPERA

I getti dovranno essere iniziati solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.

La posa in opera sarà eseguita con ogni cura ed a regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificati i piani di posa, le casseforme, i cavi da riempire e dopo aver posto le armature metalliche.

Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., si deve controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento d'eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e delle presenti Norme.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori.

Si avrà cura che in nessun caso si verifichino cedimenti dei piani d'appoggio e delle pareti di contenimento.

Le casseforme dovranno essere atte a garantire superfici di getto regolari ed a perfetta regola d'arte; in tal senso l'Impresa provvederà, a sua cura e spese, alla posa d'opportuni ponteggi ed impalcature, previa presentazione ed approvazione da parte della Direzione Lavori dei relativi progetti.

Dovranno essere impiegati prodotti disarmanti aventi i requisiti di cui alle specifiche della Norma UNI 8866; le modalità d'applicazione dovranno essere quelle indicate dal produttore evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseforme.

La Direzione Lavori eseguirà un controllo della quantità di disarmante impiegato in relazione allo sviluppo della superficie di casseforme trattate.

Dovrà essere controllato inoltre che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie del conglomerato.

A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione specifica escludendo i lubrificanti di varia natura. Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data d'inizio e di fine dei getti e del disarmo.

Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Impresa dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.

Per la finitura superficiale delle solette è prescritto l'uso di staggie vibranti o attrezzature equivalenti; la regolarità dei getti dovrà essere verificata con un'asta rettilinea della lunghezza di 2,00 m, che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni longitudinale e trasversale; saranno tollerati soltanto scostamenti inferiori a 10 mm.

Eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate mediante bocciardatura e i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo; ciò qualora tali difetti o irregolarità siano contenuti nei limiti che la Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, riterrà tollerabili fermo restando in ogni caso che le suddette operazioni ricadranno esclusivamente e totalmente a carico dell'Impresa.

Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Impresa mediante uno strato di materiali idonei che, secondo i casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- malte o betoncini reoplastici a base cementizia a ritiro compensato;
- conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 15 mm.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 0,5 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti saranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento espansivo.

È poi prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi dei casseri siano fissati nell'esatta posizione prevista utilizzando fili metallici liberi di scorrere entro tubetti di materiale PVC o simile, di colore grigio, destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio, armato o non armato. Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.

A questo scopo il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm misurati dopo la vibrazione.

È vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore; è altresì vietato lasciar cadere dall'alto il conglomerato cementizio per un'altezza superiore ad un metro; se necessario si farà uso di tubi getto o si getterà mediante pompaggio.

Gli apparecchi, i tempi e le modalità per la vibrazione saranno quelli preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

Tra le successive riprese di getto non dovranno aversi distacchi o discontinuità o differenze d'aspetto e la ripresa potrà effettuarsi solo dopo che la superficie del getto precedente sia stata accuratamente pulita, lavata e spazzolata; gli eventuali giunti di costruzione saranno sigillati, così come previsto nelle presenti Norme Tecniche.

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti siano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa, anche se ciò comporta che il lavoro debba essere condotto a turni, durante le ore notturne ed anche in giornate festive, senza che all'Impresa non spetti nulla di più di quanto previsto contrattualmente.

In alternativa la Direzione Lavori potrà prescrivere l'adozione di riprese di getto di tipo monolitico.

Queste saranno realizzate mediante spruzzatura d'additivo ritardante sulla superficie del conglomerato cementizio fresco; dopo che la massa del conglomerato sarà indurita si provvederà all'eliminazione della malta superficiale non ancora rappresa, mediante getto d'acqua, ottenendo una superficie di ripresa scabra, sulla quale si potrà disporre all'atto della ripresa di getto una malta priva di ritiro immediatamente prima del nuovo getto di conglomerato cementizio.

Quando il conglomerato cementizio deve essere gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori, necessari per impedire che l'acqua lo dilavi e ne pregiudichi la normale maturazione.

La temperatura del conglomerato cementizio all'atto del getto dovrà essere compresa tra 5 e 30 °C.

4.9.5 STAGIONATURA E DISARMO

A getto ultimato dovrà essere curata la stagionatura dei conglomerati cementizi in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici esposte all'aria dei medesimi e la conseguente formazione di fessure da ritiro plastico, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo, fermo restando che il sistema proposto dall'Impresa dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

A questo fine le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile e comunque per almeno 7 d, sia per mezzo di prodotti antievaporanti (curing), da applicare a spruzzo subito dopo il getto, sia mediante continua bagnatura, sia con altri sistemi idonei.

I prodotti antievaporanti (curing) ed il loro dosaggio dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori. Le loro caratteristiche dovranno essere conformi a quanto indicato nella Norma UNI 8656 : tipi 1 e 2.

La costanza della composizione dei prodotti antievaporanti dovrà essere verificata, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa, al momento del loro approvvigionamento.

In particolare per le solette, che sono soggette all'essiccamento prematuro ed alla fessurazione da ritiro plastico che ne deriva, è fatto obbligo di applicare sistematicamente i prodotti antievaporanti di cui sopra.

È ammesso in alternativa l'impiego, anche limitatamente ad uno strato superficiale di spessore non minore di 20 cm, di conglomerato cementizio rinforzato da fibre di resina sintetica di lunghezza da 20 a 35 mm, di diametro d'alcuni millesimi di millimetro aggiunti nella betoniera e dispersi uniformemente nel conglomerato cementizio, in misura di $0,5 \pm 1,5 \text{ kg/m}^3$.

Nel caso che sulle solette si rilevino manifestazioni di ritiro plastico con formazione di fessure d'apertura superiore a 0,3 mm, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese alla demolizione ed al rifacimento delle strutture danneggiate.

4.9.5.1 *Maturazione accelerata a vapore*

La maturazione accelerata a vapore deve essere eseguita osservando le prescrizioni che seguono secondo il disposto del punto 10.7 della Norma UNI 9858/91:

- la temperatura del conglomerato cementizio, durante le prime 3 h dall'impasto non deve superare 30 °C, dopo le prime 4 h dall'impasto non deve superare 40 °C;
- il gradiente di temperatura non deve superare 20 K/h;
- la temperatura massima del calcestruzzo non deve in media superare 60 °C (i valori singoli devono essere minori di 65 °C);
- il calcestruzzo deve essere lasciato raffreddare con un gradiente di temperatura non maggiore di 10 °C/h;
- durante il raffreddamento e la stagionatura occorre ridurre al minimo la perdita d'umidità per evaporazione.

4.9.5.2 *Disarmo e scasseratura*

Durante il periodo della stagionatura, i getti dovranno essere riparati da possibilità d'urti, vibrazioni e sollecitazioni d'ogni genere.

La rimozione delle armature di sostegno dei getti dovrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le prescritte resistenze e comunque mai prima di 48 (quarantotto) ore.

In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa dovrà attenersi a quanto stabilito nelle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5/11/1971 n. 1086 (D.M. in vigore).

4.9.5.3 Protezione dopo la scasseratura

Si richiama integralmente il punto 10.6 della Norma UNI 9858/91; al fine di evitare un prematuro essiccamento dei manufatti dopo la rimozione delle casseforme, a seguito del quale l'indurimento è ridotto e il materiale risulta più poroso e permeabile, si dovrà procedere ad una stagionatura da eseguire con i metodi sopra indicati.

La durata della stagionatura, intesa come giorni complessivi di permanenza nei casseri e di protezione dopo la rimozione degli stessi, va determinata in base alle indicazioni del punto 10.6.3, prospetti XII e XIII, della Norma UNI 9858.

4.9.6 PREDISPOSIZIONE DI FORI, TRACCE, CAVITÀ, AMMORSATURE, ONERI VARI

L'Impresa avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso d'esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi o sarà successivamente prescritto di volta in volta in tempo utile dalla Direzione Lavori, circa fori, tracce, cavità, incassature ecc. nelle solette, nervature, pilastri, murature, ecc., per la posa in opera d'apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere d'interdizione, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, ecc.

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte dalla Direzione Lavori, saranno a totale carico dell'Impresa, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni d'opere di spettanza dell'Impresa stessa, sia per quanto riguarda le eventuali opere d'adattamento d'infissi o impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori.

Quando previsto in progetto, le murature in conglomerato cementizio saranno rivestite sulla superficie esterna con paramenti speciali in pietra, laterizi od altri materiali da costruzione; in tal caso i getti dovranno procedere contemporaneamente al rivestimento ed essere eseguiti in modo da consentire l'adattamento e l'ammorsamento.

4.9.7 ARMATURE PER C.A.

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto tassativamente l'impiego d'opportuni distanziatori prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico; lungo le pareti verticali si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello; sul fondo dei casseri dovranno essere impiegati distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori.

L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate. In assenza di tali distanziatori la Direzione lavori non darà il proprio assenso all'inizio delle operazioni di getto.

Copriferro ed interferro dovranno essere dimensionati nel rispetto del disposto di cui alle Norme d'esecuzione per c.a., contenute nelle "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (D.M. in vigore) emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5.11.1971 n. 1086.

Lo spessore del copriferro, in particolare, dovrà essere correlato allo stato limite di fessurazione del conglomerato, in funzione delle condizioni ambientali in cui verrà a trovarsi la struttura e comunque non dovrà essere inferiore a 3 cm.

Per strutture ubicate in presenza d'acque con componenti di natura aggressiva (acque selenitose, solforose, carboniche, ecc.), la distanza minima delle superfici metalliche delle armature dalle facce esterne del conglomerato dovrà essere di 4 cm.

Le gabbie d'armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso in corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm, in modo da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto.

L'Impresa dovrà adottare inoltre tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto.

4.9.8 PROTEZIONE CATODICA DELLE SOLETTE D'IMPALCATO DI PONTI E VIADOTTI

Di norma la Società provvede direttamente, tramite Impresa specializzata, alla fornitura e posa in opera degli impianti per la protezione catodica delle solette d'impalcato di ponti e viadotti.

Qualunque sia la tipologia dell'impianto l'impresa dovrà tenere conto, nei propri programmi di lavoro, dei tempi occorrenti per la loro fornitura e posa in opera e dovrà coordinarsi in tal senso con l'impresa specializzata.

L'Impresa, quando espressamente previsto, resta obbligata inoltre a prestare assistenza alla posa in opera degli impianti.

4.9.9 METODO DI FIGG PER LA DETERMINAZIONE DEL GRADO DI PERMEABILITÀ ALL'ARIA DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Il metodo di Figg è diretto a fornire elementi di giudizio sulla capacità del conglomerato cementizio a resistere agli attacchi chimico-fisici dell'ambiente. La prova si basa sul fatto che la relazione esistente tra un gradiente di depressione, creato in un foro di un blocco di conglomerato cementizio ed il tempo necessario perché tale gradiente si annulli, è pressoché lineare.

4.9.9.1 Apparecchiature e materiali impiegati nella prova

- Trapano a bassa velocità dotato di sistema di bloccaggio della profondità, con punte da 10 e 12 mm di diametro;

- cilindri di gomma del diametro di 12 mm e altezza di 10 mm;
- aghi ipodermici;
- calibratore di pressione dotato di pompa manuale per il vuoto con le apposite tubazioni per la connessione del sistema agli aghi ipodermici;
- silicone;
- n. 2 cronometri.

4.9.9.2 Metodologia di prova

Per eseguire la prova occorre delimitare un'area triangolare avente i lati di 10 cm; in corrispondenza dei tre vertici dovranno essere realizzati, perpendicolarmente alla superficie del conglomerato cementizio, dei fori da 40 mm di profondità aventi diametro di 12 mm per i primi 20 mm e diametro di 10 mm per i restanti 20 mm.

Nella parte superiore del foro è inserito un cilindro di gomma, di diametro uguale a quello del foro, opportunamente siliconato sulla superficie laterale per favorire l'adesione alle pareti del conglomerato cementizio e isolare completamente la parte inferiore del foro.

Quest'ultima è raggiunta con un ago ipodermico, tramite il quale è creata una depressione di poco superiore a 0,55 bar.

La prova consiste nel misurare il tempo occorrente per ottenere un incremento di pressione da -0,55 a -0,50 bar.

Per conglomerati cementizi poco permeabili ($T > 3000$ s), vista la proporzionalità indiretta tra tempo e pressione, la suddetta determinazione può essere assunta pari a cinque volte il tempo parziale corrispondente alla variazione di pressione tra -0,55 e -0,54 bar.

4.9.9.3 Classificazione del conglomerato cementizio in base al valore di permeabilità all'aria espresso in secondi

Nella tabella che segue è riportato, in funzione del tempo, il giudizio sulla qualità del conglomerato cementizio.

La categoria d'appartenenza, in rapporto alla permeabilità all'aria, verrà stabilita sulla base di tre prove effettuate su una superficie di 1,00 m² e sarà assegnata quando l'80% delle determinazioni, ricadono in uno degli intervalli riportati in tabella.

TEMPO	GIUDIZIO	CATEGORIA
< 30	Scarso	0
30 - 100	Sufficiente	1
100 - 300	Discreto	2
300 - 1000	Buono	3

> 1000	Eccellente	4
--------	------------	---

4.9.9.4 Resoconto di prova

Dovrà comprendere:

- data della prova;
- caratteristiche fisiche dell'area analizzata;
- provenienza e caratteristiche dell'impasto usato; tipo e granulometria degli aggregati; rapporto A/C; tipo e dosaggio del cemento; dosaggio e tipo d'eventuali additivi; contenuto d'aria nel calcestruzzo fresco;
- classe di permeabilità del conglomerato cementizio determinata sulla base dei risultati ottenuti, che dovranno essere tabellati e riportati su grafico;
- ogni altra informazione utile.

Al conglomerato che sarà definito come "scarso" sarà applicata una penale del 25%, sul valore dell'intero lotto che non soddisfa i requisiti.

4.10 Casseforme, armature di sostegno, centine e attrezzature di costruzione

Per tali opere provvisorie l'Impresa porterà alla preventiva conoscenza della Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'Impresa stessa per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle.

Il sistema prescelto dovrà comunque essere adatto a consentire la realizzazione della struttura in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nella progettazione e nella esecuzione delle armature di sostegno, delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'Impresa è tenuta a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente fossero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;

- per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo.

Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché in ogni punto della struttura la rimozione dei sostegni sia regolare ed uniforme.

Per quanto riguarda le casseforme è prescritto l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibro-compresi o compensati; in ogni caso esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ed essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle strutture e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Per i getti di superficie in vista dovranno essere impiegate casseforme speciali atte a garantire rifiniture perfettamente piane, lisce e prive di qualsiasi irregolarità.

La Direzione Lavori si riserva, a suo insindacabile giudizio, di autorizzare l'uso di casseforme in legno; esse dovranno però essere eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto.

In ogni caso l'Impresa avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmananti.

4.11 Impermeabilizzazioni con membrane a base bituminosa

L'impermeabilizzazione è costituita da membrane prefabbricate a base bituminosa, disposte ad uno o due strati ed armate con tessuto non tessuto in poliestere o con teli di fibre di vetro.

La massa bituminosa sarà costituita indicativamente per il 70% in peso da bitume leggermente polimerizzato mescolato con copolimeri di butilene e propilene con opportuni agenti stabilizzanti della dispersione degli elastomeri nel bitume; avrà le seguenti caratteristiche:

- punto di rammollimento P.e A. 130÷140 °C
- punto di rottura Frass 15 °C
- penetrazione con peso di 100 g a 25 °C: 2÷3 mm.

L'armatura, in relazione alle previsioni progettuali, sarà costituita da:

- tessuto non tessuto del peso di 300 g/m² in fibre di poliestere ad alto titolo e tenacità solidamente collegate tra loro mediante legamento per agugliatura;
- velo in fibra di vetro del peso di almeno 50 g/m²;
- tessuto in fibra di vetro del peso di almeno 50 g/m².

La finitura superficiale delle membrane sarà di tipo: normale; granigliata; autoprotetta con lamina goffrata di alluminio ricotto titolo 99,5% colore naturale di spessore di 0,08 mm; con lamina goffrata di rame ricotto titolo 99,5% colore naturale spessore di 0,08 mm, come da scelte progettuali.

Il peso delle membrane, per quelle armate in tessuto non tessuto in poliestere e per quelle armate con tessuto di fibra di vetro e autoprotette con lamine metalliche sarà di almeno 4 kg/m²; per quelle armate con velo di fibra di vetro sarà di 3 kg/m². Le membrane saranno applicate a fiamma previa pulizia del supporto e spalmatura di primer a base bituminosa, sovrapponendo i bordi dei teli per almeno 5 cm.

Nel manto costituito da doppio strato di membrane, il secondo strato sarà applicato a fiamma incrociato rispetto al primo.

4.12 Gabbioni a materassi metallici

Gabbioni e materassi metallici dovranno avere forma prismatica ed essere costituiti da rete metallica a doppia torsione, a maglia esagonale, tessuta a macchina con trafilato di ferro a forte zincatura in ragione di 260÷300 g di zinco per metro quadrato di superficie zincata e dovranno rispondere alle Norme di cui alla Circolare del Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 2078 del 27/08/1962.

La rete costituente gli elementi dovrà avere maglie uniformi, essere esente da strappi ed avere il perimetro rinforzato con filo di diametro maggiorato rispetto a quello della rete stessa, inserito nella trama della rete o ad essa agganciato meccanicamente in modo da impedire lo sfilamento e dare sufficiente garanzia di robustezza.

Gli elementi dovranno presentare una perfetta forma geometrica secondo i tipi e le dimensioni fra quelli di uso corrente.

Gabbioni e materassi dovranno essere posti in opera secondo le previsioni di progetto o le prescrizioni della Direzione Lavori.

Preliminarmente l'Impresa dovrà procedere alla regolarizzazione del piano di posa, quindi al posizionamento degli elementi collegandoli tra loro mediante cuciture.

Il filo da impiegare nelle cuciture dovrà avere le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete e comunque non dovranno avere diametro inferiore a 2,20 mm per i gabbioni e 2,00 mm per i materassi.

Le cuciture dovranno essere tali da creare la struttura monolitica ed assicurare la sua massima resistenza in funzione delle caratteristiche delle singole opere.

Le cuciture più importanti normalmente dovranno essere effettuate passando un filo continuo dentro ogni maglia e con un doppio giro ogni 25÷30 cm.

Sono ammessi altri sistemi purché siano giudicati idonei dalla Direzione Lavori.

Durante il riempimento dovranno essere posti in opera i previsti tiranti, costituiti da un unico spezzone di filo avente le stesse caratteristiche di quello usato per le cuciture, fissato alla rete di pareti adiacenti od opposte dell'elemento.

Il materiale da usarsi per il riempimento dei gabbioni e materassi potrà essere costituito da pietrame o ciottoli, di composizione compatta, sufficientemente duro, di elevato peso specifico e di natura non geliva. Sarà escluso il pietrame alterabile dall'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua con cui l'opera verrà a contatto.

Il materiale di riempimento dovrà in ogni caso essere ritenuto idoneo dalla Direzione Lavori; le sue dimensioni dovranno essere comprese fra 100 e 150% della maggiore dimensione della maglia della rete, salvo diversa prescrizione della Direzione Lavori.

Il pietrame dovrà essere assestato dentro all'elemento in modo da avere il minor numero di vuoti possibile ma senza provocare lo sfiancamento delle pareti dell'elemento e le facce in vista saranno lavorate con le stesse modalità della muratura a secco.

La chiusura degli elementi dovrà essere effettuata mediante cuciture, come indicato in precedenza.

Dopo la chiusura degli elementi, la rete delle pareti e del coperchio dovrà risultare ben tesa e con i filoni dei bordi tra di loro a contatto, evitando attorcigliamenti.

4.12.1 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Prima della messa in opera di ogni partita di gabbioni o materassi metallici giunta in cantiere, l'Impresa dovrà consegnare alla Direzione Lavori il relativo certificato di collaudo e garanzia rilasciato dal produttore, redatto a norma della richiamata Circolare del Ministero LL.PP. n. 2078 del 27/08/1962.

La Direzione Lavori procederà al collaudo del materiale di ogni partita.

Preliminarmente effettuerà una ricognizione a vista dei gabbioni e/o dei materassi per controllare che nei punti di torsione della rete lo zinco non presenti sollevamenti o screpolature. Nel caso che tali anomalie fossero presenti in più del 10% delle verifiche, la partita sarà rifiutata e l'Impresa dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese.

Procederà quindi al prelevamento di campioni di filo, ciascuno della lunghezza di almeno 40 cm, in ragione di almeno un campione ogni 100 gabbioni o materassi ed un campione ogni 10 matasse di filo per cuciture, per determinare la quantità di zinco presente, espressa in grammi per metro quadrato di superficie zincata, che dovrà risultare uguale o superiore ai valori riportati nella tabella che segue:

diametro dei fili	quantità di zinco per metro quadrato di superficie zincata
1,8 mm	245 g
2,0 mm	

2,2 mm	
2,4 mm	265 g
2,7 mm	
3,0 mm	275 g
3,4 mm	
3,8 mm ed oltre	295 g

Metà di ciascun campione sarà sottoposto a prova per verificare il peso unitario dello strato di zinco mediante differenza di massa tra il campione zincato e lo stesso dopo la dissoluzione dello strato di zincatura.

Sull'altra metà dovranno essere eseguite prove per verificare l'uniformità dello spessore dello strato di zincatura mediante cinque immersioni in una soluzione di solfato di rame e acqua distillata, senza che compaiono sul ferro depositi di rame aderente. Entrambe le prove dovranno essere effettuate, a cura e spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, presso i Laboratori indicati dalla stessa Direzione Lavori, nel rispetto della Norma UNI 4007/78.

Qualora il peso unitario dello strato di zinco risulti inferiore a quello indicato in tabella in più del 20% dei campioni e l'uniformità dello strato risulti carente in eguale misura, la partita sarà rifiutata e l'Impresa dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese.

Del pari la partita sarà rifiutata in assenza od incompletezza del certificato di collaudo e garanzia che il produttore deve rilasciare per ogni partita.

4.13 Canalette, cunette e fossi di guardia

4.13.1 CANALETTE AD EMBRICI

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente classe di resistenza > 20/25 MPa, in elementi di 50/40x50x20 cm e spessore 5 cm, secondo i disegni tipo di progetto. Le canalette dovranno estendersi lungo tutta la scarpata, dalla banchina al fosso di guardia. Prima della posa in opera l'Impresa avrà cura di effettuare lo scavo di impostazione degli elementi di canaletta, dando allo scavo stesso la forma dell'elemento in modo che il piano di impostazione di ciascun elemento risulti debitamente costipato, per evitare il cedimento dei singoli elementi. L'elemento al piede della canaletta, quando il fosso di guardia non è rivestito e manca l'ancoraggio, dovrà essere bloccato mediante due tondini in acciaio del diametro 24 mm e lunghezza non inferiore a 80 cm, infissi nel terreno per almeno 60 cm, in modo che sporgano almeno 20 cm. Ancoraggi analoghi dovranno essere infissi ogni tre elementi di canaletta per impedire il loro slittamento a valle. In sommità la canaletta dovrà essere raccordata alla pavimentazione

mediante apposito invito in conglomerato cementizio gettato in opera o prefabbricato. La sagomatura dell'invito dovrà essere tale che l'acqua non incontri ostacoli al regolare deflusso.

4.13.2 RIVESTIMENTO PER CUNETTE E FOSSI DI GUARDIA

4.13.2.1 In elementi prefabbricati in c.a.v.

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente classe di resistenza $> 25/30$ MPa, armato con rete di acciaio a maglie saldate del tipo Fe B 38k, in fili del diametro di 6 mm e del peso non inferiore a $3,00 \text{ Kg/m}^2$. Gli elementi dovranno avere forma trapezoidale od a L, secondo i disegni tipo di progetto; lo spessore dovrà essere non inferiore a 7 cm e le testate dovranno essere sagomate ad incastro a mezza pialla; i giunti dovranno essere stuccati con malta dosata a 500 kg/m^3 di cemento. Posti in opera su letto di materiale arido perfettamente livellato e costipato avendo cura che in nessun punto restino vuoti che potrebbero compromettere la resistenza della struttura.

4.13.2.2 In conglomerato cementizio, gettato in opera

Il rivestimento di canali, cunette e fossi di guardia, sarà eseguito con conglomerato cementizio di tipo II con classe di resistenza $> 25/30$ MPa, gettato in opera con lo spessore previsto nei disegni di progetto, previa regolarizzazione e costipamento del piano di posa; la lavorazione prevede anche l'uso delle casseforme, la rifinitura superficiale e sagomatura degli spigoli, la formazione di giunti.

4.13.2.3 In muratura di pietrame

Il rivestimento di cunette e fossi di guardia può essere eseguito in muratura di pietrame e malta dosata a 350 kg/m^3 di cemento normale, con lavorazione del paramento a faccia vista e stuccatura dei giunti. Il rivestimento dello spessore indicato in progetto sarà eseguito previa regolarizzazione e costipamento del piano di posa e predisposizione sullo scavo della malta di allettamento.