



REGIONE DEL VENETO

AREA TUTELA E SVILUPPO DEL TERRITORIO - DIREZIONE INFRASTRUTTURE TRASPORTI E LOGISTICA

UO INFRASTRUTTURE STRADE E CONCESSIONI

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Marco d'Elia

SISTEMA FERROVIARIO METROPOLITANO REGIONALE

S. F. M. R.

(Atto del 06/12/2016)

LINEE VENEZIA-QUARTO D'ALTINO e MESTRE-TREVISO

ELIMINAZIONE DEI P.L. AL km 1+337 e km 1+445

VENEZIA - Via Gazzera Alta

PROGETTO ESECUTIVO

INTERVENTO 1.09bis				N° ELABORATO		
ELABORATI TECNICO ECONOMICI				18.07.00.00		
Capitolato speciale d'appalto - Norme tecniche Manufatti in conglomerato cementizio				SCALA -		
				NOME FILE 0409E02-18070000-DCT006_E00		
E00	Emissione		10/2019	L. Marruccelli	R. Zanon	M. Fioratti
Revisione	Descrizione		Data	Redatto	Verificato	Approvato
COMMESSA 0409E02		DOCUMENTO D CT 006	REV. E00	TAVOLA 1 di 1		
Il Direttore Tecnico Ing. Stefano Susani			Il Progettista e Responsabile dell'integrazione fra le prestazioni specialistiche Ing. Michele Fioratti			
 Via Squero, 12 - 35043 Monselice (PD)						

INDICE

1	GENERALITA'	4
1.1	CAMPI DI IMPIEGO E LOCALIZZAZIONE	4
1.2	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	4
1.3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
2	MANUFATTI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA.....	17
2.1	REQUISITI DI BASE DEI MATERIALI	17
2.1.1	Generalità	17
2.1.2	Cemento	18
2.1.3	Inerti o aggregati	20
2.1.4	Acqua di impasto	22
2.1.5	Aggiunte	23
2.1.6	Additivi	25
2.1.7	Acciaio per armature.....	28
2.1.8	Disarmanti.....	28
2.1.9	Antievaporanti	29
2.2	REQUISITI DI BASE PER LA COMPOSIZIONE DEL CALCESTRUZZO.....	29
2.2.1	Generalità	29
2.2.2	Scelta del cemento	31
2.2.3	Scelta dell'aggregato	32
2.2.4	Utilizzo di aggiunte.....	35
2.2.5	Utilizzo di additivi	35
2.2.6	Classi del conglomerato cementizio	35
2.2.7	Contenuto d'acqua e di cemento	36
2.2.8	Durabilità	36
2.2.9	Lavorabilità.....	40
2.2.10	Temperatura	41
2.2.11	Omogeneità	41
2.3	LAVORAZIONI E MODALITÀ ESECUTIVE	42
2.3.1	Personale, apparecchiature ed installazioni	42
2.3.2	Stoccaggio dei materiali.....	42
2.3.3	Confezionamento del conglomerato cementizio.....	44
2.3.4	Trasporto e scarico del conglomerato cementizio	48

2.3.5	Casseforme.....	52
2.3.6	Armatura	55
2.3.7	Esecuzione dei getti.....	58
2.3.8	Stagionatura protetta	64
2.3.9	Disarmo.....	68
2.3.10	Finitura dei calcestruzzi	68
2.3.11	Caratteristiche estetiche	70
2.3.12	Tolleranza di posizionamento e dimensionali	71
2.3.13	Giunti di discontinuità.....	73
2.4	PROVE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE	74
2.4.1	Studio preliminare di qualificazione	75
2.4.2	Controlli in corso d'opera	77
2.4.3	Controlli sulle opere finite	81
2.4.4	Non conformità.....	82
3	MANUFATTI PREFABBRICATI	83
3.1	GENERALITÀ.....	83
3.2	QUALIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI DI PREFABBRICAZIONE.....	84
3.3	MODALITÀ ESECUTIVE.....	84
3.3.1	Controllo sulle casseforme	85
3.3.2	Posizionamento armature.....	85
3.3.3	Scassero	85
3.3.4	Identificazione e stoccaggio dei manufatti.....	86
3.3.5	Trasporto.....	86
3.3.6	Montaggio	87
3.3.7	Controlli dimensionali e strutturali dei manufatti	87
3.3.8	Controlli e documentazione	88
3.4	MANUFATTI POSIZIONATI TRAMITE SPINTA	89
4	MANUFATTI IN CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO	90
4.1	REQUISITI DI BASE DEI MATERIALI	90
4.1.1	Armature di precompressione.....	90
4.1.2	Guaine dei cavi di precompressione.....	91
4.1.3	Malta per iniezioni	91
4.2	LAVORAZIONI E MODALITÀ ESECUTIVE	91
4.2.1	Tolleranze nel posizionamento delle armature.....	92
4.2.2	Tesatura dei cavi.....	93
4.2.3	Protezione dei cavi dalla corrosione	93



4.3	PROVE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE	94
5	CALCESTRUZZI SPECIALI	95
5.1	CONGLOMERATO CEMENTIZIO PROIETTATO O GUNITE.....	96
5.1.1	Caratteristiche dei costituenti.....	96
5.1.2	Requisiti della miscela	98
5.1.3	Produzione.....	99
5.1.4	Controlli.....	99
5.2	CALCESTRUZZI A RITIRO COMPENSATO	100
5.3	CALCESTRUZZI AUTOCOMPATTANTI SCC.....	100
5.3.1	Prescrizioni ed oneri generali	100
5.3.2	Prescrizioni per la posa	101
5.4	CONGLOMERATO CEMENTIZIO DRENANTE PER ACQUE SOTTOPAVIMENTAZIONE STRADALE	103
5.4.1	Conglomerato cementizio drenante.....	103
6	ALTRE MISCELE.....	108
6.1	MALTA E BETONCINO	108
6.1.1	Requisiti dei materiali.....	108
6.1.2	Posa in opera.....	109
6.1.3	Utilizzo	110
6.2	BOIACCA.....	112
6.2.1	Boiaccia per iniezioni nei cavi di precompressione	112
6.3	MAGRONE	115
7	PRESCRIZIONI PER OPERE PARTICOLARI	116
7.1	OPERE FERROVIARIE.....	116
7.2	BLOCCHI PREFABBRICATI PER VIBRO-COMPRESSIONE	116
7.3	TUBAZIONI IN CEMENTO ARMATO	117
8	TABELLE.....	118

1 GENERALITA'

Il presente Capitolato si riferisce alla realizzazione di manufatti in conglomerato cementizio.

I requisiti di base per i materiali, per la composizione del calcestruzzo e per la tecnologia esecutiva delle opere sono di regola definiti dal progettista nelle tavole del progetto esecutivo; se non riportati su queste tavole, tali indicazioni possono essere definite dall'Appaltatore e sono da sottoporre alla Direzione Lavori per approvazione. Nel seguito saranno date, laddove ritenute opportune, delle indicazioni da considerarsi di minima e da utilizzare laddove non in contrasto con quanto riportato sugli elaborati grafici.

1.1 CAMPI DI IMPIEGO E LOCALIZZAZIONE

Per l'impiego e la localizzazione dei manufatti oggetto del presente documento, si rimanda a quanto stabilito nelle tavole di progetto.

1.2 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Nella esecuzione dei lavori, l'Appaltatore dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, le opere provvisorie, i ponteggi in quantità e tipologia adeguate all'esecuzione dei lavori; l'Appaltatore dovrà garantire l'utilizzo dei materiali e degli eventuali additivi per conglomerati cementizi necessari per ottenere un lavoro finito a perfetta regola d'arte, nel rispetto delle indicazioni date dal progettista.

L'Appaltatore dovrà verificare e fare in modo che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti. Sarà altresì cura dell'Appaltatore selezionare ed utilizzare le attrezzature più adeguate alle condizioni ambientali del sito ed alle condizioni stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni.

L'Appaltatore dovrà provvedere a tutti gli accorgimenti o a tutte le opere provvisionali che riterrà necessari ed opportuni per garantire le migliori condizioni di sicurezza ed evitare qualsiasi danno ai fabbricati e/o ai manufatti adiacenti, essendo comunque a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri e i costi connessi alla realizzazione ed al progetto di dettaglio di tutte le opere provvisionali. Restano in ogni caso a carico dell'Appaltatore gli oneri conseguenti al ripristino dei danni provocati dalla realizzazione delle opere.

Per quanto attiene alle opere provvisionali destinate al sostegno dei casseri e dei ponteggi di lavorazione, dovranno essere prodotti secondo norma idonei elaborati di Progetto a firma di professionista abilitato e dell'Appaltatore. Tali elaborati dovranno essere consegnati in tempo utile alla Direzione Lavori per la loro verifica e approvazione.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione Lavori e del Coordinatore per la sicurezza, dei progetti delle opere e dei certificati di qualificazione dei materiali e dell'impasto, non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità da essa derivanti per legge e per pattuizione di contratto, restando stabilito che malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore rimane l'unico e diretto responsabile delle opere a termine di legge e pertanto sarà tenuto a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle indagini necessarie ad accertare la eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possono interferire con le opere da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle eventuali opere di deviazione e/o rimozione di tali ostacoli prima dell'inizio delle operazioni previste.

Nel caso di getti da eseguire in presenza d'acqua, sarà cura dell'Appaltatore adottare tutti gli accorgimenti necessari all'esecuzione dei getti, previa informazione alla Direzione Lavori. In particolare l'Appaltatore dovrà provvedere

con i mezzi più adeguati all'aggottamento della falda, allo smaltimento delle acque in eccesso o alla deviazione di canali e fiumi.

Sono a completo carico dell'Appaltatore gli oneri derivanti dalle interruzioni dei cicli di lavoro e dei fermi di cantiere conseguenti, che a titolo esemplificativo possono essere: l'adozione di interventi conservativi di preconsolidamento e precontenimento, la presenza di venute di acqua anche molto forti, guasti delle attrezzature, mancanza di energia, montaggio e smontaggio di macchine e di attrezzature effettuate anche in galleria, pozzi o cunicoli, ecc.

Sarà cura dell'Appaltatore, provvedere alla fornitura ed al trasporto dei materiali da approvvigionare in cava o da portare in discarica, in aggiunta a quelli provenienti dagli scavi. La ricerca delle cave e delle discariche dovranno essere basati su una accurata valutazione temporale e quantitativa dei materiali necessari.

Per quelle opere che, per effetto di operazioni successive, possano rendersi inaccessibili o comunque non ispezionabili, l'Appaltatore dovrà sempre dare la prescritta informazione alla Direzione Lavori prima di procedere con le fasi successive; nel caso in cui l'Appaltatore non ottemperasse a quanto sopra, la Direzione Lavori potrà richiedere di mettere a nudo le parti occultate o di rendere comunque accessibile le opere non ispezionate. Le prestazioni necessarie per quanto sopra dovranno essere eseguite a cura e spese dell'Appaltatore.

Sarà cura dell'Appaltatore adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalla vibrazione e dai rumori connessi con la realizzazione delle opere.

L'Appaltatore non potrà richiedere alcun compenso per il fatto che, a seguito di prescrizioni di autorità terze competenti, i lavori per la costruzione dei pannelli debbano eseguirsi in orario notturno o per fasi, secondo un programma fissato dalla Direzione Lavori.

Nel caso in cui, durante il corso dei lavori, l'Appaltatore ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate, sarà sua cura effettuare le

nuove prove tecnologiche preliminari eventualmente necessarie, oltre alle necessarie analisi statiche giustificanti la possibilità di variazioni. Ogni variazione rispetto al progetto, consentita ai termini di legge, dovrà essere autorizzata dalla Direzione Lavori, a seguito della presentazione di idonei elaborati tecnici, grafici e di calcolo, atti a giustificarne la sicurezza e la corrispondenza alle norme vigenti.

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

Per l'assistenza alla posa in opera di apparecchi forniti e posti in opera da altre Ditte, l'Appaltatore sarà compensato con i relativi prezzi di elenco; nessun compenso particolare sarà dovuto all'Appaltatore per gli eventuali oneri che dovessero derivargli dalla necessità di coordinare le rispettive attività.

1.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza di tutte le normative cogenti a livello nazionale in merito ai contenuti delle presenti prescrizioni; a queste si aggiungeranno tutte le norme e le istruzioni tecniche non cogenti che verranno richiamate nei successivi paragrafi.

In particolare dovranno essere rispettate le seguenti normative e prescrizioni, compresi gli eventuali aggiornamenti, modifiche ed integrazioni:

- Legge 1086 del 5 Novembre 1971, “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.

- Circ. Min. LL. PP., 14/02/1974, n. 11951, “Applicazione della legge n. 1086/71”
- UNI EN 206-1. Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità.
- UNI 11104. Specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1.
- EN 13670 Esecuzione di strutture di calcestruzzo
- UNI EN 13369 Regole comuni per prodotti prefabbricati di calcestruzzo
- Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici - Linee guida sul calcestruzzo strutturale, 1996.
- Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici - Linee guida per la Produzione, il Trasporto ed il Controllo del calcestruzzo preconfezionato, 2003.
- Circ. Min. LL. PP., 14/02/1974, n. 11951, “Applicazione della legge n. 1086/71”
- D.M. 17-1-2018 – Norme tecniche per le costruzioni

Ad integrazione delle precedenti norme, qualora con esse non in contrasto è possibile fare riferimento anche a:

- Manuale di progettazione RFI – RFI DTC SI MA IFS 001B
- Istruzione n° I/SC/PS-OM/2298 del 2 giugno 1995 completa delle relative integrazioni - Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari - Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo
- D.M. 14-1-2008 – Norme tecniche per le costruzioni
- Circolare 02/02/2009 n. 617. Istruzioni per l’applicazione delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 17/01/2018.

Per quanto non espressamente contenuto nelle norme cogenti nazionali si farà riferimento alle norme europee consolidate individuate dal codice EN ed in particolare agli Eurocodici strutturali EC, avendo l'accortezza di utilizzare al contempo i documenti di applicazione nazionale NAD se disponibili, o comunque coefficienti di sicurezza opportuni, tali da raggiungere chiaramente almeno il livello di sicurezza introdotto e previsto dalle citate norme cogenti.

In particolare, per quanto attiene l'oggetto della presente parte di capitolato, si farà riferimento a:

- UNI EN 1990 Criteri generali di progettazione strutturale
- EN 1992 Progettazione delle strutture di calcestruzzo

Qualora si verificasse la necessità di fare riferimento a normative di comprovata validità per le in cls si potrà fare riferimento a:

- CNR10037/86 – Mensole tozze e selle gerber
- CNR 158/1992 Effetti della temperatura nelle strutture di calcestruzzo armato
- CNR 159/1992 effetti delle condizioni di stagionatura sulle proprietà del calcestruzzo
- CNR 10025/98 Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo.

Si riportano di seguito nelle specifico le normative a cui fare riferimento per diversi componenti strutturali

Cemento

- UNI EN 196-1. Metodi di prova del cemento.
- UNI EN 197-1. Cemento – Composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni.
- UNI EN 206 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- UNI EN 12350-2 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 2: Prova di abbassamento al cono;
- UNI EN 12350-5 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 5: Prova di spandimento alla tavola a scosse;
- UNI EN 12350-7 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 7: Contenuto d'aria - Metodo per pressione;
- UNI EN 12350-6: Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 6: Massa volumica;
- UNI EN 12390-2: Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 2: Confezione e stagionatura dei provini per prove di resistenza;
- UNI EN 12390 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 3: Resistenza alla compressione dei provini;
- UNI EN 12390 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 5: Resistenza a flessione dei provini;
- UNI EN 12390-6 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 6: Resistenza a trazione indiretta dei provini;
- UNI EN 12390-7 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 7: Massa volumica del calcestruzzo indurito;
- UNI EN 12390-8: Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 8: Profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione;

- UNI EN 12390-13: Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 13: Determinazione del modulo di elasticità secante in compressione;
- UNI EN 12504-1: Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: Carote - Prelievo, esame e prova di compressione;
- UNI EN 12504-2: Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 2: Prove non distruttive –Determinazione dell'indice sclerometrico;
- UNI EN 12504-3: Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della forza di estrazione;
- UNI EN 12504-4: Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici;
- UNI EN 13670:Esecuzione di strutture di calcestruzzo.
- UNI EN 13369 Regole comuni per prodotti prefabbricati di calcestruzzo

Acciaio

- UNI EN 10080 Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile – Generalità;
- UNI EN ISO 15630-2 Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 2: Reti saldate;
- UNI EN ISO 15630-3 Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 3: Acciaio per calcestruzzo armato precompresso;
- UNI EN ISO 15630-1 Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 1: Barre, rotoli e fili;

Aggregati:

- UNI EN 932-3 Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata;

- UNI EN 1097-5 Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato;
- UNI EN 1097-6 Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua;
- UNI EN 12620 Aggregati per calcestruzzo.

Aggiunte:

- UNI EN 450-1 Ceneri volanti per calcestruzzo - Parte 1: Definizione, specificazioni e criteri di conformità;
- UNI EN 13263-1 Fumi di silice per calcestruzzo - Parte 1: Definizioni, requisiti e criteri di conformità;
- UNI EN 15167: Loppa d'altoforno granulata macinata per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 1: Definizioni, specifiche e criteri di conformità.
- UNI EN 12878 Pigmenti per la colorazione dei materiali da costruzione a base di cemento e/o calce - Requisiti e metodi di prova.

Additivi:

- UNI EN 480-4 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova - Parte 4: Determinazione della quantità di acqua essudata del calcestruzzo;
- UNI EN 934-2 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 2: Additivi per calcestruzzo - Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;
- UNI EN 934-4 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 4: Additivi per malta per iniezione per cavi di precompressione - Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura.

Acqua di impasto:

- UNI EN 1008 Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di recupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo.

Cemento:

- UNI EN 196-9 Metodi di prova dei cementi - Parte 9: Calore d'idratazione - Metodo semiadiabatico;
- UNI EN 197-1 Cemento - Parte 1: Composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni.

Calcestruzzi precompressi e prefabbricati:

- UNI EN 445 Boiacca per cavi di precompressione - Metodi di prova;
- UNI EN 523 Guaine in fogli di acciaio per cavi di precompressione - Terminologia, prescrizioni, controllo della qualità;
- UNI EN 13369 Regole comuni per prodotti prefabbricati di calcestruzzo.
- Calcestruzzo proiettato:
- UNI EN 14487-1 Calcestruzzo proiettato – Parte 1: Definizioni, specifiche e conformità;
- UNI EN 14487-2 Calcestruzzo proiettato - Parte 2: Esecuzione;
- UNI EN 14488-1 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 1: Campionamento sul calcestruzzo fresco e sul calcestruzzo indurito;
- UNI EN 14488-2 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 2: Resistenza alla compressione del calcestruzzo spruzzato giovane;
- UNI EN 14488-4 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 4: Aderenza per trazione diretta sulle carote;

- UNI EN 14488-6 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 6: Spessore del calcestruzzo su un supporto;

Malte di cemento:

- UNI EN 1504-2 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Sistemi di protezione delle superfici di calcestruzzo;
- UNI EN 1504-3 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 3: Protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo;
- UNI EN 1504 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo – Parte : Ancoraggio dell'armatura di acciaio;
- UNI EN 1504 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 10: Applicazione in opera di prodotti e sistemi e controllo di qualità dei lavori;
- UNI EN 1015-: Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 17: Determinazione del contenuto di cloruro solubile in acqua delle malte fresche;
- UNI EN 12190 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della resistenza a compressione delle malte da riparazione;
- UNI EN 196: Metodi di prova dei cementi - Parte 1: Determinazione delle resistenze meccaniche;
- UNI EN 13412 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione del modulo elastico in compressione;
- UNI EN 1542 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Misurazione dell'aderenza per trazione diretta;

- UNI EN 13687- : Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della compatibilità termica - Cicli di gelo-disgelo con immersione in sali disgelanti;
- UNI EN 12615 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della resistenza al taglio;
- UNI EN 13057Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione dell'assorbimento capillare.
- UNI EN 13295 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della resistenza alla carbonatazione;

Pitture e vernici:

- UNI EN 1062 : Pitture e vernici - Prodotti e sistemi di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo - Parte 3: Determinazione della permeabilità all'acqua liquida;
- UNI EN 1062 : Pitture e vernici - Prodotti e cicli di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo - Determinazione della permeabilità all'anidride carbonica
- UNI EN 1062 : Pitture e vernici - Prodotti e sistemi di verniciatura per muratura e calcestruzzo esterni - Parte 7: Determinazione delle proprietà di resistenza alla screpolatura;
- UNI EN 1062 : Pitture e vernici - Prodotti e cicli di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo - Metodi di condizionamento prima delle prove;
- UNI EN ISO 7783 Pitture e vernici - Determinazione delle proprietà di trasmissione del vapore acqueo - Metodo della capsula.



Tutte le precedenti norme citate nel presente capitolo sono da considerare, se non diversamente specificato, nella loro ultima versione e complete di ogni loro parte, annesso ed integrazione ufficiale. Nel caso in cui una normativa ne richiami un'altra superata e sostituita, si dovrà sempre fare riferimento alla nuova norma sostitutiva, anche nel caso in cui i contenuti siano stati ridotti.

Ulteriori norme relative alla progettazione e realizzazione delle strutture in cemento armato possono essere riportate nei successivi paragrafi dedicati ai vari componenti della miscela di calcestruzzo o dei manufatti in cemento armato

2 MANUFATTI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA

Il presente capitolo si riferisce alle opere in calcestruzzo “normale” secondo UNI EN 206-1, ovvero un “calcestruzzo avente massa volumica, dopo essiccamento in stufa, maggiore di 2 000 kg/m³ ma non maggiore di 2 600 kg/m³”.

Qualora l'Appaltatore impieghi conglomerato cementizio preconfezionato pronto all'uso, per il quale si richiamano la Norma UNI EN 206-1 e le “Linee guida per la Produzione, il Trasporto ed il Controllo del calcestruzzo preconfezionato”, le prescrizioni sulla qualifica dei materiali e degli impasti, sulle modalità esecutive e sui controlli e prove dovranno essere comunque rispettate. L'Appaltatore resta l'unico responsabile nei confronti del Direttore dei Lavori per l'impiego di conglomerato cementizio preconfezionato nelle opere in oggetto dell'appalto e si obbliga a rispettare ed a far rispettare scrupolosamente tutte le norme regolamentari e di legge stabilite sia per i materiali sia per il confezionamento e trasporto in opera del conglomerato dal luogo di produzione.

2.1 REQUISITI DI BASE DEI MATERIALI

2.1.1 Generalità

I materiali componenti non devono contenere sostanze nocive in quantità tali che possano compromettere la durabilità del calcestruzzo o causare corrosione dell'armatura e devono essere idonei all'impiego previsto nel calcestruzzo.

Nel calcestruzzo, che dovrà essere conforme alla UNI EN 206-1, devono essere utilizzati solo i componenti di idoneità accertata per la specifica applicazione.

Nel seguito si definiscono i requisiti dei materiali componenti il calcestruzzo:

- cemento (§ 2.1.2);
- inerti (§ 2.1.3);

- acqua di impasto (§ 2.1.4);
- aggiunte (§ 2.1.5);
- additivi (§ 2.1.6);

e le caratteristiche di altri materiali utilizzati nell'esecuzione delle opere:

- acciaio per armature (§ 2.1.7);
- disarmanti (§ 2.1.8);
- antievaporanti (§ 2.1.9).

2.1.2 Cemento

2.1.2.1 CLASSIFICAZIONE

I cementi da utilizzare sono quei leganti idraulici di cui all'articolo 1, lettera A, della legge 26/05/1965, definiti in modo dettagliato nella UNI EN 197-1 ai § 4 (definizione), § 5 (costituenti) e § 6 (denominazione):

- CEM I (Portland)
- CEM II (Portland composito)
- CEM III (Altoforno)
- CEM IV (Pozzolanico)
- CEM V (Composito)

E' vietato l'utilizzo di cemento alluminoso, definito in base alla legge n° 595 del 26/05/1965 come "il prodotto ottenuto con la macinazione del clinker costituito essenzialmente da alluminati idraulici di calcio".

E' vietato l'uso di cementi diversi per l'esecuzione di ogni singola opera o elemento costruttivo.

2.1.2.2 FORNITURA ED ACCETTAZIONE DEL CEMENTO

Il produttore ed il centro di distribuzione dei cementi dovranno essere controllati e

certificati secondo le procedure definite dal D.M. 12/07/1999 n° 314 “Regolamento recante norme per il rilascio dell’attestato di conformità per i cementi destinati alle opere di ingegneria strutturale e geotecnica [...]” e relativi allegati. L’attestato di conformità per i cementi può essere rilasciato solo dall’I.C.I.T.E. (Istituto Centrale per l’Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia) del C.N.R. o da altri organismi abilitati.

In particolare, sia il produttore che il centro di distribuzione dovranno essere certificato anche in base alla UNI EN 197-2 e secondo i criteri di conformità esposti nella UNI EN 197-1 al § 7, come indicato dallo stesso D.M. 12/07/1999 n° 314.

I cementi devono essere identificati in base alla denominazione normalizzata precisata al § 8 della UNI EN 197-1.

L’Appaltatore dovrà inoltre approvvigionare il cemento presso cementifici che diano garanzie di qualità, costanza del tipo e continuità di fornitura. Ogni partita di cemento ricevuta in cantiere dovrà essere accompagnata da certificato di controllo qualità all'origine. All’inizio dei lavori l’Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori un impegno, assunto dalle cementerie prescelte, a fornire cemento per il quantitativo previsto e i cui requisiti soddisfino i requisiti chimici e fisici richiesti. Tale dichiarazione sarà essenziale affinché la Direzione Lavori possa dare il benestare per l’approvvigionamento del cemento presso le cementerie prescelte.

I cementi debbono essere forniti in “sacchi sigillati, in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola che non possono essere aperti senza lacerazione o alla rinfusa”, rispettando le indicazioni di cui all’art. 3, 4 e 5 della legge n° 595 del 26/05/1965.

2.1.2.3 CARATTERISTICHE DEL CEMENTO

Le resistenze meccaniche ed i requisiti chimici e fisici del cemento dovranno rispettare le prescrizioni stabilite dalla UNI EN 197-1, ed in particolare:

- Requisiti meccanici (§ 7.1): classe di resistenza (definita attraverso delle prove a compressione, normalizzata ed iniziale, eseguite in conformità alla UNI EN 196-1).
- Requisiti fisici (§ 7.2): prova dei tempi di presa e prova di stabilità (UNI EN 196-3).
- Requisiti chimici (§ 7.3): perdita al fuoco; residuo insolubile; contenuto di solfati SO_3 ; contenuto di cloruri; pozzolanicità (solo per cementi pozzolanici).

In molte applicazioni, in particolare in condizioni ambientali severe, la scelta del cemento ha una influenza sulla durabilità del calcestruzzo, per esempio in termini di resistenza al gelo, resistenza chimica e protezione dell'armatura. La scelta del cemento, nell'ambito della UNI EN 197-1 ed UNI 11104, con particolare riguardo al tipo e alla classe di resistenza per diverse applicazioni e classi di esposizione, deve rispettare le norme e/o i regolamenti adeguati relativi al calcestruzzo; lo stesso Produttore del cemento potrà aiutare l'Appaltatore in base ad esperienze precedenti.

L'Appaltatore dovrà tempestivamente fornire alla Direzione Lavori una copia delle prove e dei certificati d'origine rilasciati dal produttore del cemento, relativamente alle prove sopra elencate.

2.1.3 Inerti o aggregati

2.1.3.1 CLASSIFICAZIONE

Gli inerti, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso, in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato od alla conservazione delle armature.

Gli inerti da utilizzare per il confezionamento del calcestruzzo sono quelli definiti come "aggregati" nella norma europea armonizzata UNI EN 12620; ove

specificato nel progetto, nel caso di impiego di “aggregati leggeri”, si dovrà invece fare riferimento alla norma UNI EN 13055-1:2003.

E' consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla tabella 11.2.III del D.M. 17/01/2018 “Norme tecniche per le costruzioni” a condizione che la miscela di calcestruzzo confezionata con aggregati riciclati venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio.

Nella prescrizioni di progetto si potrà fare utile riferimento anche alle norme UNI 8520-1:2005 ed UNI 8520-2:2005 al fine di individuare i requisiti chimico fisici aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali.

La denominazione degli aggregati dovrà essere conforme:

- alla UNI 8520-1, per le normative che fanno riferimento a tale classificazione (tra cui la UNI 8520-2);
- alla UNI EN 12620, per le normative che fanno riferimento a tale classificazione (tra cui la UNI EN 206-1).

In generale sarà quindi necessario definire gli aggregati secondo questa doppia classificazione, necessaria a seconda dell'utilizzo e delle prove da effettuarsi sull'aggregato stesso.

In relazione alla loro granulometria:

- per la UNI 8520-1, gli aggregati sono classificati come:
 - filler: con passante allo staccio 0,063 mm UNI EN 933-2 > 90%;
 - aggregati fini: con passante allo staccio 4 mm UNI EN 933-2 > 95%;
 - aggregati grossi: con passante allo staccio 4 mm UNI EN 933-2 < 5%;
 - aggregati misti: costituiti da una miscela di aggregati grossi e fini.
- per la UNI EN 12620, si definiscono gli aggregati tramite la designazione d/D, che stabilisce una coppia di stacci per la quale si ottiene un passante in massa indicato al prospetto 2 della norma stessa; si distinguono aggregati

grosso, fine, naturale 0/8 e misto; la granulometria del filler dovrà essere conforme ai limiti del prospetto 7 della norma stessa.

2.1.3.2 CARATTERISTICHE DELL'AGGREGATO

I requisiti chimici e fisici dell'aggregato sono quelli stabiliti dalla UNI 8520-2, ed in particolare:

- “caratteristiche fondamentali”: minerali nocivi; granulometria (e dimensione massima nominale dell'aggregato); percentuale passante allo staccio 0,063 UNI EN 933-2; equivalente in sabbia (ES) e valore di blu di metilene (MB); contenuto di grumi di argilla e particelle friabili; contenuto di solfati solubili in acido; contenuto di cloruri solubili in acqua; massa volumica media del granulo (MV) saturo a superficie asciutta; assorbimento superficiale; contenuto di sostanza humica negli aggregati fini.
- “caratteristiche aggiuntive”: contenuto di contaminanti leggeri; resistenza a compressione; indice di forma; coefficiente di appiattimento; resistenza alla frammentazione; resistenza ai cicli di gelo e disgelo; degradabilità mediante soluzione solfatica; confronto in calcestruzzo delle proprietà meccaniche rispetto ad aggregati di caratteristiche note; potenziale reattività in presenza di alcali.

I valori limite per questi requisiti dipendono dalla classe di esposizione del calcestruzzo (vedere § 2.2.3).

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del conglomerato cementizio potranno provenire da trattamento vagliatura e lavaggio dei materiali alluvionali oppure da idonea frantumazione vagliatura e lavaggio di materiali di cava.

2.1.4 Acqua di impasto

L'acqua d'impasto dovrà essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o solfati, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui le acque medesime sono destinate; dovrà essere definita la sua provenienza ad avere

caratteristiche costanti nel tempo.

L'acqua dovrà essere conforme ai requisiti della UNI EN 1008, con riferimento a:

- valutazione preliminare (colore; presenza di oli e grassi, detergenti e sostanze in sospensione; odore; acidità; sostanza humica) (§ 4.2 della norma citata);
- proprietà chimiche (cloruri, solfati, alcali, sostanza dannose) (§ 4.3 della norma citata);
- tempo di presa e resistenza (§ 4.4 della norma citata);

L'acqua della rete potabile è considerata conforme ai requisiti del presente paragrafo.

Sono escluse come acqua d'impasto le acque provenienti da scarichi industriali o di qualunque genere. L'acqua di riciclo proveniente dalla produzione di calcestruzzo potrà essere utilizzata nel rispetto dell'Appendice A della UNI EN 1008.

2.1.5 Aggiunte

Secondo la UNI EN 206-1, si definisce aggiunta un “materiale finemente suddiviso usato nel calcestruzzo allo scopo di migliorare certe proprietà o di ottenere proprietà speciali”. Si distinguono due tipi di aggiunte inorganiche:

- aggiunte praticamente inerti (tipo I): filler e pigmenti;
- aggiunte pozzolaniche o ad attività idraulica latente (tipo II): ceneri volanti e fumi di silice.

E' ammesso l'impiego di aggiunte di tipo I e di tipo II, purché non vengano modificate negativamente le caratteristiche fisico-chimico-meccaniche dei conglomerati cementizi allo stato fresco ed indurito, prescritte nei paragrafi relativi.

L'impiego di tutte le aggiunte dovrà essere preventivamente sperimentato e dichiarato nel mix design della miscela di conglomerato cementizio progettata in

fase di qualifica. La Direzione Lavori deciderà, a suo insindacabile giudizio, se le aggiunte proposte dall'Appaltatore potranno o no essere usate, anche in base alle conoscenze disponibili da precedenti lavori o sperimentazioni. Su richiesta della Direzione Lavori, l'Appaltatore dovrà inoltre esibire certificati di prove di Laboratorio Ufficiale che dimostrino la conformità del prodotto alle disposizioni vigenti; dovrà essere garantita la qualità e la costanza delle caratteristiche dei prodotti da impiegare.

Particolare cura dovrà essere posta alla loro influenza sulla richiesta d'acqua, sul dosaggio di cemento, sul rapporto A/C, sulla lavorabilità del calcestruzzo fresco, sulla durabilità dell'opera e sul controllo del ritiro ed espansione del calcestruzzo.

2.1.5.1 FILLER

I filler dovranno essere conformi alla UNI EN 12620.

2.1.5.2 PIGMENTI

I pigmenti dovranno essere conformi alla UNI EN 12878.

2.1.5.3 CENERI VOLANTI

Le ceneri volanti dovranno essere conformi alla UNI EN 450, con riferimento alle prove di perdita al fuoco, finezza, variazione della finezza, cloruro, ossido di calcio, anidride solforica, stabilità ed indice di attività.

Le ceneri volanti non dovranno contenere impurezze (lignina, residui oleosi, pentossido di vanadio, etc.) che possano danneggiare o ritardare la presa e l'indurimento del cemento.

2.1.5.4 FUMI DI SILICE (O SILICA FUME)

I fumi di silice sono costituiti essenzialmente da silice attiva colloidale amorfa, costituita da particelle sferiche isolate di SiO_2 con diametro compreso tra 0,01 e 0,5 micron, ottenuta da un processo di tipo metallurgico, durante la produzione di silicio metallico o di leghe ferro-silicio, in un forno elettrico ad arco.

Si dovrà porre particolare attenzione al controllo in corso d'opera del mantenimento della costanza delle caratteristiche granulometriche e fisico-chimiche che dovranno essere comprese entro i valori indicati nella Tabella 1.

Caratteristiche	Unità di misura	Limiti di accettazione
SiO ₂	%	≥ 85
CaO	%	≤ 1,2
Superficie specifica	m ² /gr	da 20 a 35
Al ₂ O ₃	%	≤ 0,4
Na ₂ O + K ₂ O	%	≤ 4,0
Cl	%	≤ 0,2
MgO	%	≤ 0,9
Carbone libero (da calcinazione)	%	≤ 4,0
Umidità (in forno a 106°C)	%	≤ 1,0
PH	-	6,3 - 6,8
Fe ₂ O ₃	%	≤ 0,3
Massa volumica reale	t/m ³	2,1 - 2,4

Tabella 1: Requisiti della microsilice.

Il dosaggio della silice fume non deve comunque superare il 7% del peso del cemento.

Poichè i fumi di silice possiedono un elevato potere di ritenzione d'acqua, il loro impiego dovrà sempre essere associato a quello di additivi fluidificanti compatibili.

Nel caso di utilizzo dell'autobetoniera come mescolatore, i fumi in polvere dovranno essere immessi contemporaneamente ad almeno il 50% dell'acqua totale, per formare una sospensione acquosa.

2.1.6 Additivi

Si definisce additivo per calcestruzzo quel “materiale aggiunto durante il procedimento di miscelazione del calcestruzzo in quantità non maggiore del 5% in massa del contenuto di cemento del calcestruzzo, per modificare le proprietà della

miscela nello stato fresco e/o indurito” (UNI EN 934-2).

Dovranno essere utilizzati solo gli additivi elencati nel § 3 della UNI EN 934-2, ovvero:

- additivo riduttore di acqua / fluidificante;
- additivo riduttore di acqua ad alta efficacia / superfluidificante;
- additivo ritentore di acqua;
- additivo aerante;
- additivo accelerante di presa;
- additivo accelerante di indurimento;
- additivo ritardante di presa;
- additivo resistente all'acqua o impermeabilizzante;
- additivo ritardante di presa / riduttore di acqua / fluidificante
- additivo ritardante di presa / riduttore di acqua ad alta efficacia / superfluidificante;
- additivo accelerante di presa / riduttore di acqua / fluidificante

Gli additivi utilizzati dovranno rispettare i requisiti generali e specifici indicati nel § 4 della UNI EN 934-2 (che ha sostituito le norme UNI 7101 e UNI 7109).

Si definisce inoltre additivo multifunzionale quel additivo “aggiunto durante il processo di miscelazione del calcestruzzo in quantità non maggiore del 5% in massa sul contenuto di cemento del calcestruzzo, che modifica due o più proprietà del calcestruzzo fresco e/o indurito”; le prestazioni di tali additivi dovranno comprendere più di uno degli effetti definiti nella UNI EN 934-2 e rientrare nei requisiti definiti nella UNI EN 10765.

L'impiego di tutti gli additivi dovrà essere preventivamente sperimentato e dichiarato nel mix design della miscela di conglomerato cementizio progettata in

fase di qualifica. La Direzione Lavori deciderà, a suo insindacabile giudizio, se gli additivi proposti dall'Appaltatore potranno o no essere usati, anche in base alle conoscenze disponibili da precedenti lavori o sperimentazioni. Su richiesta della Direzione Lavori, l'Appaltatore dovrà inoltre esibire certificati di prove di Laboratorio Ufficiale che dimostrino la conformità del prodotto alle disposizioni vigenti; dovrà essere garantita la qualità e la costanza delle caratteristiche dei prodotti da impiegare.

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

Particolare cura dovrà essere posta alla loro influenza sulla richiesta d'acqua, sul dosaggio di cemento, sul rapporto A/C, sulla lavorabilità del calcestruzzo fresco, sulla durabilità dell'opera e sul controllo del ritiro ed espansione del calcestruzzo.

2.1.6.1 DOPPIA ADDITIVAZIONE

Nel caso di impiego di additivi fluidificanti e superfluidificanti, in particolari condizioni di posa in opera (climi estremamente caldi, lunghe percorrenze dall'impianto di betonaggio alla bocca di getto, prevedibili lunghe attese prima del getto, ecc.) potrà essere autorizzata anche una doppia additivazione, ovvero l'aggiunta di una quantità nota di additivo residuo, caricato all'impianto, da miscelare in cantiere; il dosaggio complessivo di additivo al metro cubo non dovrà superare la quantità stabilita nel mix design.

L'additivo superfluidificante di prima e seconda additivazione dovrà essere di identica marca e tipo. Nel caso in cui, il mix design preveda l'uso di additivo fluidificante come prima additivazione, associato ad additivo superfluidificante a piè d'opera, questi dovranno essere di tipo compatibile e preventivamente sperimentati in fase di progettazione del mix design e di prequalifica della miscela.

Dopo la seconda aggiunta di additivo, sarà comunque necessario assicurare la miscelazione per almeno 10 minuti prima dello scarico del calcestruzzo; la

Direzione Lavori potrà richiedere una miscelazione più prolungata in funzione dell'efficienza delle attrezzature e delle condizioni di miscelamento.

2.1.7 Acciaio per armature

2.1.7.1 CLASSIFICAZIONE

L'acciaio per cemento armato comprende le tipologie indicate al § 11.3.2 del D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni":

- acciai in barre tonde lisce o ad aderenza migliorata, saldabili e non saldabili;
- fili di acciaio trafilato o laminato a freddo;
- reti e tralicci di acciaio elettrosaldati.

2.1.7.2 CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO

L'acciaio utilizzato per opere in cemento armato dovrà rispettare le prescrizioni di cui al § 11.3.2 del D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni" per quanto riguarda proprietà meccaniche, prove di aderenza e saldature.

2.1.7.3 FORNITURA, ACCETTAZIONE E STOCCAGGIO

Non si devono porre in opera armature eccessivamente ossidate, corrose, recanti difetti superficiali, che ne diminuiscano la resistenza, o ricoperte da sostanze che possano ridurre sensibilmente l'aderenza al conglomerato.

L'acciaio deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, ove prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

I controlli in stabilimento da parte del Produttore dovranno rispettare le prescrizioni riportate al § 11.3.1.2 del D.M. 17/01/2018.

2.1.8 Disarmanti

Dovranno invece essere impiegati disarmanti specifici, conformi alla Norma UNI

8866 parti 1 e 2 per i quali sia stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito.

Come disarmanti è vietato usare lubrificanti di varia natura e oli esausti.

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

2.1.9 Antievdporanti

Eventuali prodotti antievdporanti filmogeni dovranno rispettare le prescrizioni contenute nella UNI 8656, relativamente a:

- ritenzione d'acqua;
- tempo di essicamento;
- fattore di riflessione;
- influenza del prodotto sulle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo mediante prova di abrasione.

Tali prove dovranno essere eseguite in base alle UNI da 8657 a 8660.

L'Appaltatore deve sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione; egli deve accertarsi, che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (ad esempio con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette) e che non interessi le zone di ripresa del getto.

2.2 REQUISITI DI BASE PER LA COMPOSIZIONE DEL CALCESTRUZZO

2.2.1 Generalità

L'Appaltatore, sulla scorta delle prescrizioni contenute nei progetti esecutivi delle opere in conglomerato cementizio, in base a quanto contenuto nel presente

Capitolato, durante tutte le fasi di esecuzione dei lavori, comprese quelle preliminari, dovrà rispettare tutti i requisiti richiesti per i materiali e per il calcestruzzo (Tabella 2 e Tabella 3 del § 8).

Le modalità per determinare le caratteristiche dei materiali e del calcestruzzo dovranno rispettare le indicazioni contenute nella UNI EN 206-1, nel D.M. 17/01/2018 e nel Capitolato d'appalto “Manufatti in conglomerato cementizio”.

I valori limite per questi requisiti dovranno in generale essere dedotti dalle tavole del Progettista; nel presente Capitolato verranno definiti dei requisiti aggiuntivi:

- per la scelta dei materiali (§ da 2.2.2 a 2.2.5); a differenza delle caratteristiche del § 2.1, in questi paragrafi si definiscono i requisiti dei materiali nell'ottica di composizione di un calcestruzzo ottimale;
- per il calcestruzzo (§ da 2.2.6 a 2.2.11), soprattutto nell'ottica della durabilità e della lavorabilità.

Quando lo riterrà opportuno e se necessario, la Direzione Lavori potrà richiedere ulteriori limitazioni, sia nella fase di accettazione dello studio preliminare di qualifica che durante l'esecuzione dei lavori. Questi requisiti dovranno essere scelti tenendo in debito conto il tipo e il volume di produzione, i lavori, le particolari apparecchiature, le procedure e le regole in uso sul luogo di produzione e sul luogo di impiego del calcestruzzo. Ulteriori requisiti possono essere necessari per particolari situazioni del luogo di produzione o per requisiti specifici relativi a particolari strutture o elementi strutturali.

Si puntualizza che per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio dovrà comunque essere impiegato esclusivamente "conglomerato cementizio a prestazione garantita" secondo la Norma UNI EN 206-1, ovvero “calcestruzzo le cui proprietà richieste e caratteristiche addizionali sono specificate al produttore, il quale è responsabile della fornitura di un calcestruzzo conforme alle proprietà richieste e alle caratteristiche addizionali”. Le proprietà minime da richiedere sono:

- classe di resistenza;
- classe di esposizione;
- classe di consistenza;
- diametro massimo dell'aggregato.

Nel presente Capitolato si definiranno tutte le altre “caratteristiche aggiuntive” che potranno essere richieste dal Progettista o dalla Direzione Lavori in funzione dell'opera.

In nessun caso verrà ammesso l'impiego di "conglomerato cementizio a composizione richiesta" secondo la stessa Norma.

2.2.2 Scelta del cemento

Il dosaggio e le caratteristiche del cemento, esposte nel § 2.1.2.3, dovranno essere scelte tenendo presente:

- resistenze meccaniche e durabilità;
- la necessaria velocità di sviluppo della resistenza;
- l'esecuzione dell'opera;
- l'uso finale del calcestruzzo;
- le condizioni di maturazione (per esempio trattamento termico);
- le dimensioni della struttura (lo sviluppo di calore);
- le condizioni ambientali alle quali la struttura sarà esposta (secondo UNI 11104);
- la potenziale reattività degli aggregati agli alcali provenienti dai componenti.

Potranno essere effettuate ulteriori prove relative alla resistenza ai solfati secondo UNI 9156 e alla resistenza alle acque dilavanti secondo UNI 9606.

Il contenuto massimo di cemento di norma deve essere inferiore od uguale a 450

kg/mc. In casi particolari, per far fronte a specifiche esigenze, modifiche al dosaggio massimo potranno essere richieste alla Direzione Lavori. Tali richieste dovranno essere opportunamente motivate ed accompagnate in sede di qualifica del conglomerato cementizio per verificare gli effetti connessi con alti dosaggi di cemento (ritiro, crepe, etc.).

2.2.3 Scelta dell'aggregato

Il tipo di aggregato, la granulometria e le proprietà definite al § 2.1.3.2 devono essere scelti considerando:

- l'esecuzione dell'opera;
- l'impiego finale del calcestruzzo;
- le condizioni ambientali alle quali la struttura sarà esposta (secondo UNI 11104);
- ogni requisito per le finiture del calcestruzzo;
- la potenziale reattività degli aggregati agli alcali provenienti dai componenti.

Per l'utilizzo di aggregati in frazione unica e di aggregati di recupero valgono le indicazioni dei § 5.2.3.2 e 5.2.3.3 della UNI EN 206-1 e del § 4.3 della UNI 11104.

2.2.3.1 PRESCRIZIONI SULLA DURABILITÀ E CLASSI DI ESPOSIZIONE

In molte applicazioni, in particolare in condizioni ambientali severe, la scelta dell'aggregato ha un'influenza sulla durabilità del calcestruzzo.

Gli aggregati vengono classificati in “categorie” in base alla classe di esposizione del calcestruzzo:

- Categoria A: senza limitazioni per classi di esposizione.
- Categoria B: per classi di esposizione X0 e XC1 (UNI 11104, prospetto 1).

- Categoria C: per calcestruzzi di classe di resistenza inferiore a C12/15 (UNI EN 206-1, prospetto 7).

In funzione delle categorie “A”, “B” o “C”, gli aggregati dovranno soddisfare le limitazioni riguardanti le “caratteristiche fondamentali” definite al prospetto 1 della norma UNI 8520-2 (già elencate al § 2.1.3.2).

Se nelle tavole di progetto non sono indicate le classi di esposizione del calcestruzzo, si dovranno considerare i requisiti della categoria “A”.

Su indicazione del progettista o a discrezione della Direzione Lavori, potranno essere richieste anche le “caratteristiche aggiuntive” definite al prospetto 2 della norma UNI 8520-2.

Con riferimento alle “caratteristiche fondamentali e aggiuntive”, si precisa quanto segue:

- contenuto di solfati solubili in acido: è consigliabile ridurre a 0,05% il limite di contenuto di SO₃;
- resistenza al gelo-disgelo: si potrà eseguire una prova secondo l’appendice F della UNI EN 12620:2008, oltre che secondo UNI EN 1397-1;
- reattività alcali-silice. La presenza di minerali nocivi (pirite, marcasite e pirrotina) 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) viene inoltre accertata in base ad un esame mineralogico (UNI EN 932-3), già prescritto nel presente capitolato in quanto rientrante nelle “caratteristiche fondamentali” definite al prospetto 1 della norma UNI 8520-2; ove fosse presente silice reattiva si procederà all'esecuzione della prova “Potenziale reattività in presenza di alcali” della UNI 8520-22; non è ammessa la presenza di pirite, marcasite e pirrotina. Utili informazioni sono presenti anche nell’appendice G della UNI EN 12620.
- degradabilità mediante soluzione solfatica: è consigliabile ridurre a 10% il limite di materiale disgregato dopo 5 cicli.

Anche se non specificato dal progettista, la Direzione Lavori potrà richiedere ulteriori prove per valutare la durabilità in termini di:

- resistenza all'abrasione con prova Los Angeles (UNI EN 1097-2), con una perdita di massa inferiore al 30%;
- stabilità di volume (per valutare la fessurazione per ritiro disgregativo del calcestruzzo), secondo § 5.7.2 della UNI EN 12620.

2.2.3.2 PRESCRIZIONI SUL DIAMETRO NOMINALE MASSIMO

La dimensione massima (Dmax) dell'aggregato dovrà essere commisurata alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature, in modo che il calcestruzzo possa essere gettato e compattato attorno alle barre di armatura senza pericolo di segregazione; il diametro nominale massimo dovrà pertanto risultare almeno:

- minore di 0,25 volte la dimensione minima delle strutture;
- minore della spaziatura minima tra le barre di armatura, diminuita di 5mm;
- minore di 1.3 volte il copriferro.

2.2.3.3 GRANULOMETRIA DEGLI AGGREGATI

Secondo le “Prescrizioni per il calcestruzzo” ATECAP, gli aggregati dovranno appartenere ad almeno tre classi granulometriche diverse; nella composizione della curva granulometrica nessuna frazione potrà essere dosata in percentuale maggiore del 55%, salvo preventiva autorizzazione della Direzione Lavori.

Le classi granulometriche dovranno essere mescolate tra loro in percentuali tali da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche di riferimento, scelte in modo che l'impasto fresco ed indurito abbia i prescritti requisiti. Si dovrà adottare una curva granulometrica che, in relazione al dosaggio di cemento, garantisca la massima compattezza e la migliore lavorabilità del calcestruzzo.

Per aggregati con diametro massimo maggiore di 4 mm, le singole frazioni

necessarie a comporre la curva granulometrica non dovranno contenere più del 15% di frazioni granulometriche che dovrebbero appartenere alle pezzature inferiore e superiore.

Il diametro inferiore (d) di una data frazione dovrà sempre risultare minore o uguale al diametro superiore (D) della frazione precedente.

Sarà facoltà della Direzione Lavori approvare eventualmente l'adozione di granulometria discontinua con preventiva verifica che l'impasto risponda alla prova di omogeneità.

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

La Direzione Lavori potrà richiedere dei fusi granulometrici più restrittivi di quelli indicati al prospetto 2 della UNI EN 12620 per quanto riguarda la classificazione dell'aggregato.

2.2.4 Utilizzo di aggiunte

Le quantità di aggiunte di tipo II (ceneri volanti o silica fume) dovranno essere dedotte in base al “concetto del valore k” descritto al § 5.2.5 della UNI EN 206-1 al § 4.2 della UNI 11104.

Nel caso si usino delle ceneri volanti, il loro contenuto in carbone può influire in modo non prevedibile sul contenuto d'aria inglobata.

2.2.5 Utilizzo di additivi

Per il quantitativo di additivi, si dovranno rispettare le prescrizioni indicate al § 5.2.6 della UNI EN 206-1.

2.2.6 Classi del conglomerato cementizio

Le classi di conglomerato cementizio indicano la resistenza cubica caratteristica

del conglomerato cementizio a 28 giorni di maturazione, espressa in MPa, secondo il Prospetto 7 della UNI EN 206.

2.2.7 Contenuto d'acqua e di cemento

Per determinare il rapporto acqua/cemento si dovrà fare riferimento alle indicazioni del § 5.4.2 della UNI EN 206-1.

Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato.

La quantità d'acqua da usare per il confezionamento dell'impasto dovrà essere calcolata in base alla definizione di “contenuto totale d'acqua” della UNI EN 206-1, ovvero “acqua aggiunta più l'acqua già contenuta nell'aggregato e sulla superficie dell'aggregato più l'acqua degli additivi e delle aggiunte usate in forma di sospensione (slurry) e l'acqua derivante da una eventuale aggiunta di ghiaccio o da riscaldamento mediante vapore”.

Si dovrà fare riferimento alla condizione “satura a superficie asciutta”, nella quale l'aggregato non assorbe né cede acqua all'impasto (UNI 1097-6).

Il contenuto minimo di cemento non dovrà mai essere inferiore a 300 kg per mc di impasto.

2.2.8 Durabilità

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.

Si deve tener conto che la durabilità si ottiene mediante l'impiego di conglomerato cementizio poco permeabile, eventualmente aerato, a basso

rapporto acqua/cemento, 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.

La Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista e con l'Appaltatore, verificherà in fase di qualifica dei materiali e degli impasti, l'efficacia dei provvedimenti da adottare in base alle Norme UNI relative.

Alcune prescrizioni relative ai materiali per il controllo della durabilità del calcestruzzo sono già state definite nei precedenti paragrafi (vedere ad esempio § 2.2.3).

Per le caratteristiche del calcestruzzo, il controllo della durabilità è in primo luogo basato sulla misura della resistenza meccanica: calcestruzzi ad alta resistenza hanno anche ottime caratteristiche di durabilità, visto che entrambe queste proprietà dipendono fortemente dal rapporto a/c (§ 7.1 delle “Linee guida sul calcestruzzo strutturale”). A tale riguardo, si dovrà fare riferimento ai § 3 e § 5 della UNI 11104; in particolare si dovranno rispettare le indicazioni del prospetto 4, che riporta, in funzione della classe di esposizione:

- massimo rapporto a/c;
- minima classe di resistenza;
- minimo contenuto in cemento;
- contenuto minimo in aria;
- altri requisiti secondari (gelo/disgelo, cementi resistenti ai solfati).

La durabilità delle strutture è vincolata anche al rispetto dei valori di copriferro previsti nelle tavole di progetto e dalla normativa. Per quanto riguarda la corrosione delle armature si può fare riferimento alle UNI 8981-5 e UNI 9747.

Al fine di migliorare la durabilità si dovranno inoltre evitare la formazione di fessure da ritiro e l'interruzione anticipata della stagionatura protetta (§ 2.3.8)

Alcune indicazioni utili sulle azioni aggressive più tipiche sono presenti nella serie delle UNI 8981 e al § 7.1 delle “Linee guida sul calcestruzzo strutturale”; in caso di contrasto tra le parti della UNI 8981 e la UNI EN 206-1, questa ultima deve essere presa come riferimento, come indicato nella UNI 11104.

Per quanto attiene ad agenti chimici aggressivi non considerati nelle predette norme UNI 8981, all'Appaltatore compete l'onere dell'accertamento sistematico della presenza e concentrazione d'agenti aggressivi nel terreno, nelle acque di contatto e nell'ambiente in generale ai fini della valutazione dell'attacco chimico a cui potrebbero essere sottoposti i conglomerati cementizi, facendo anche riferimento al prospetto 2 della UNI EN 206-1 (attacco chimico di agenti presenti nell'acqua del terreno e nel terreno stesso). I rimedi verranno concordati anche con il Progettista dell'opera e con quelli del mix design, e comunicati di volta in volta alla Direzione Lavori.

In generale, le prescrizioni da normativa presuppongono una vita utile della struttura di 50 anni; per opere importanti, si dovranno prevedere limiti più restrittivi, ad esempio sulla base di quanto riportato al § 7.2 delle “Linee guida sul calcestruzzo strutturale”.

2.2.8.1 CONGLOMERATI CEMENTIZI RESISTENTI AL GELO

Possono essere soggette al ciclo di gelo/disgelo tutte le parti di struttura fuori terra o comunque a contatto con l'atmosfera.

I calcestruzzi di queste opere dovranno essere sufficientemente impermeabili e compattati, nel rispetto delle prescrizioni delle classi di esposizione XF2, XF3 ed XF4.

La prevenzione più efficace per contrastare i cicli di gelo-disgelo consiste nell'inglobare un minimo volume di aria sotto forma di microbolle stabili del diametro di 10-300 μm , tra loro uniformemente spaziate di 100-300 μm e quindi non comunicanti: in queste condizioni, allorché si formano i primi cristalli di ghiaccio, l'aumento di volume che ne consegue spinge l'acqua liquida non

ancora congelata nelle microbolle adiacenti provocando un benefico allentamento delle tensioni interne. A tale scopo si potranno utilizzare degli additivi aeranti opportunamente dosati. Si dovrà porre particolare attenzione alla resistenza del calcestruzzo, visto che l'inglobamento delle microbolle d'aria provoca anche una diminuzione della resistenza meccanica indicativamente attorno al 20%. Pertanto, qualora questa diminuzione di resistenza meccanica non sia compatibile con la Rck di progetto, occorre ridurre il rapporto acqua/cemento per incrementare la resistenza meccanica ed utilizzare eventuali additivi fluidificanti compatibili per incrementare la lavorabilità.

Nel caso di calcestruzzi aerati, il minimo contenuto di aria inglobata, in volume percentuale, dovrà essere scelto in funzione del diametro massimo nominale dell'aggregato secondo il prospetto 2 della UNI 8981-4 (per diametri intermedi a quelli riportati nel prospetto, si potrà interpolare linearmente).

Nello specificare il contenuto d'aria, si dovrà tenere conto della possibile perdita d'aria durante il pompaggio, la posa in opera, la compattazione, ecc. successivamente alla consegna.

L'immissione dell'additivo aerante deve avvenire contemporaneamente al caricamento di almeno il 50% dell'acqua.

Un utile riferimento per la resistenza ai cicli di gelo-disgelo è dato anche dalle seguenti indicazioni aggiuntive:

- il calcestruzzo dovrà essere confezionato secondo UNI 8981-4;
- gli aggregati dovranno essere non gelivi secondo la norma UNI 8520-2;
- per opere di una certa importanza, si potrà eseguire una prova di assorbimento d'acqua, secondo UNI 7699: il valore massimo dovrà essere minore di 50 mm ed i valori medi di penetrazione minori di 20 mm (corrispondente ad una permeabilità $K < 10^{-11}$ m/s secondo le "Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale").

Tali conglomerati, qualora prescritto o richiesto dalla Direzione Lavori, saranno

sottoposti alla prova di determinazione della resistenza a degradazione per cicli di gelo e disgelo secondo la Norma UNI 7087, rispettando i seguenti limiti indicativi (dopo 300 cicli):

- riduzione del modulo di elasticità: 30%;
- perdita di massa: 2%;
- espansione lineare: 0.2 %;
- coefficiente di permeabilità:
 - ai primi cicli: 10^{-9} cm/sec;
 - dopo i primi cicli: 10^{-8} cm/sec.

2.2.8.2 REAZIONI ALCALI-AGGREGATO

In base all'esperienza locale o all'identificazione delle caratteristiche mineralogiche degli aggregati (§ 2.2.3.1), si dovrà valutare la possibilità che si manifesti la reazione chimica tra gli alcali (ioni sodio Na^+ e potassio K^+ presenti in tutti i costituenti la miscela di calcestruzzo) ed eventuali aggregati reattivi.

Nel caso in cui si preveda che l'opera da realizzare possa risultare satura d'acqua, costantemente o frequentemente, le misure prevedibili per impedire o rallentare il fenomeno sono:

- scelta di componenti la miscela a basso contenuto di alcali;
- utilizzo di aggregato inerte (§ 2.2.3.1);
- impermeabilizzazione della struttura;
- utilizzo di idonei quantitativi di aggiunte di tipo II o di idonei additivi a base di sali di litio.

2.2.9 Lavorabilità

Il parametro indicatore della lavorabilità del conglomerato cementizio fresco è la misura dell'abbassamento al Cono di Abrams, conforme alle indicazioni del § 4.2.1 e 5.4.1 della UNI EN 206-1.

Non sono ammesse classi di consistenza S1 ed S2, se non dopo approvazione della Direzione Lavori.

La prova è considerata significativa per abbassamenti compresi fra 2 e 24 cm. Il conglomerato dovrà inoltre presentarsi non segregato e la quantità di acqua essudata, misurata secondo la Norma UNI 7122, dovrà essere inferiore al 0.1% (0.2% nel caso di opere secondarie, quali fondazioni non armate, riempimenti...). In alternativa, per abbassamenti inferiori ai 2 cm, si dovrà eseguire la prova con altre metodologie del § 5.4.1 della UNI EN 206-1.

Nel caso si verifichi una perdita di lavorabilità sono ammesse nuove aggiunte di additivi superfluidificanti dello stesso tipo già inserito precedentemente nell'impasto, con un quantitativo massimo di 300cc per ogni 100 kg di cemento. Nel caso che la lavorabilità prevista non venga ottenuta dopo la nuova aggiunta di additivi a piè d'opera, il calcestruzzo dovrà essere scartato.

Oltre alle prescrizioni del presente Capitolato, si potranno trovare utili indicazioni nel § 4 delle "Linee guida sul calcestruzzo strutturale".

2.2.10 Temperatura

In generale, la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto deve essere compresa tra +5°C e +35°C, secondo le indicazioni riportate nel § 2.3.7.5.

2.2.11 Omogeneità

Quando il trasporto del conglomerato cementizio avviene mediante autobetoniere, si dovrà controllare l'omogeneità del conglomerato cementizio all'atto del getto, prelevando due campioni a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera. Dovrà risultare:

- la percentuale in peso del materiale trattenuto nel vaglio ad umido dei due campioni non dovrà differire più del 10%, usando un vaglio a maglia quadrata da 4 mm;
- lo slump dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire di più di 30 mm;

- dopo una verifica visiva di segregazione, il calcestruzzo appare non segregato.

2.3 LAVORAZIONI E MODALITÀ ESECUTIVE

2.3.1 *Personale, apparecchiature ed installazioni*

Il personale, le apparecchiature e le installazioni dovranno rispettare le indicazioni della UNI EN 206-1, con riferimento ai § 9.6 e § 9.9.

2.3.2 *Stoccaggio dei materiali*

2.3.2.1 CEMENTO

Il cemento dovrà essere immagazzinato:

- in silos metallici;
- in depositi coperti e protetti dall'umidità.

Il cemento, se sfuso, sarà conservato in silos che garantiscano la perfetta tenuta nei confronti dell'umidità atmosferica; ogni silo conterrà un unico tipo e classe di cemento proveniente da uno stesso stabilimento di produzione; a tale scopo il silo dovrà essere, chiaramente identificato mediante un cartello di idonee dimensioni facilmente visibile dalla cabina di comando della centrale o dell'impianto di betonaggio. I silos metallici saranno completamente svuotati e puliti a intervalli non superiori a quattro mesi.

Il cemento, se in sacchi, sarà sistemato su pedane poste su un pavimento asciutto ed in ambiente chiuso. I sacchi dovranno essere impermeabili; nel caso in cui il cemento non sia fornito in confezioni impermeabili, esso dovrà essere utilizzato entro quattro mesi dalla data della confezione in cemeniteria. I sacchi di cemento di diverso tipo verranno conservati separatamente e chiaramente identificati con idonei cartelli.

Nel caso in cui il cemento venga approvvigionato allo stato sfuso, il relativo

trasporto dovrà effettuarsi a mezzo di contenitori che lo proteggano dall'umidità ed il pompaggio del cemento nei silos deve essere effettuato in modo da evitare la miscelazione fra tipi diversi.

Al momento dell'uso, il cemento dovrà essere in perfetto stato di conservazione. Il cemento che presentasse grumi o segni di deperimento sarà allontanato dai cantieri e sostituito a cura e spese dell'Appaltatore.

Il posizionamento dei filtri deve essere tale da impedire che il materiale captato possa confluire in un carico di calcestruzzo per il quale sia previsto un cemento diverso.

2.3.2.2 AGGREGATI

Tutti gli aggregati dovranno essere tassativamente ed accuratamente lavati in modo tale da eliminare impurità, materiali dannosi o polvere aderenti alla superficie. Il lavaggio dovrà sempre avvenire a valle dell'ultima frantumazione. Gli aggregati dovranno essere stoccati in quantità congruente con il programma lavori e comunque sufficiente a completare qualsiasi opera che debba essere gettata senza interruzioni. Il luogo di stoccaggio dovrà essere di dimensioni adeguate e consentire l'immagazzinamento con segregazione delle diverse pezzature che dovranno essere separate da appositi setti.

Per ogni cumulo dovrà essere apposto un cartello di idonee dimensioni indicante la classe granulometrica dell'aggregato.

Per evitare che l'acqua piovana possa alterare bruscamente l'umidità degli aggregati nelle tramogge, queste dovranno essere coperte con idonee tettoie. Analogamente i nastri caricatori delle tramogge e quelli che vanno dall'impianto di miscelazione alla bocca di carico dovranno essere coperti anche al fine di ridurre l'inquinamento acustico ed il sollevarsi di polveri specie in presenza di forte vento.

2.3.2.3 ACQUA

Ove si renda opportuno un accumulo d'acqua, questo verrà realizzato mediante cisterne, serbatoi o bacini nei quali sia evitato il rischio di inquinamento con elementi dannosi al calcestruzzo.

In relazione alle condizioni ambientali, dovranno essere predisposte eventuali protezioni che consentano all'acqua di mantenere una temperatura adeguata alla produzione di calcestruzzo; in particolare dovranno essere protette dall'irraggiamento diretto, ad esempio con tettoie.

2.3.2.4 AGGIUNTE

Le aggiunte dovranno essere immagazzinate se consegnate in sacchi, conservate in silos impermeabili nei confronti dell'umidità atmosferica se consegnate sfuse, in cisterne se liquide. I depositi dovranno essere chiaramente identificati mediante cartelli di idonea dimensione.

Non è consentito immagazzinare aggiunte di diverso tipo miscelandole tra di loro.

2.3.2.5 ADDITIVI

Non è permesso mescolare tra loro additivi di diverso tipo e provenienza; gli additivi dovranno essere depositati in contenitori a tenuta e chiaramente identificati.

2.3.3 Confezionamento del conglomerato cementizio

2.3.3.1 CENTRALI DI BETONAGGIO ED IMPIANTI DI CANTIERE

I conglomerati cementizi dovranno essere confezionati in centrali di betonaggio o impianti di cantiere che dovranno essere preventivamente esaminati ed approvati dalla Direzione Lavori.

L'impianto dovrà essere di tipo completamente automatizzato. Il sistema di gestione e controllo dell'impianto dovrà essere in grado di stampare per ogni carico una bolla ove devono essere riportati per le varie colonne:

- n° identificativo del mix in produzione;
- soggetto (ad esempio impresa esecutrice) richiedente la fornitura;
- cantiere di destinazione;
- opera (ed eventualmente parte d'opera) cui si riferisce la fornitura;
- ora di fine carico del mix prodotto;
- identificazione (ad esempio targa) del mezzo di trasporto;
- materiali componenti il mix con indicati:
 - per gli aggregati: la pezzatura nominale e la cava di provenienza;
 - per i cementi: tipo, classe, produttore e cementificio;
 - per le aggiunte (ceneri volanti e microsilice): tipo e provenienza;
 - per gli additivi (fluidificanti, superfluidificanti, aeranti, ecc.): marca e tipo;
 - per l'acqua: se proveniente da acquedotto, pozzo, cisterna.
- la ricetta, per un mc, del mix in fase di produzione;
- la ricetta del mix per gli n mc in fase di produzione;
- l'umidità relativa alle singole classi di aggregati (rilevata automaticamente con le sonde almeno per gli aggregati fini);
- la ricetta per gli n mc in produzione, corretta in funzione dell'umidità relativa alle varie classi degli aggregati;
- l'effettivo carico (dosaggio) per ogni singolo componente;
- la differenza ($\pm\Delta$) tra quanto effettivamente caricato e il teorico corretto;
- l'errore percentuale di carico (dosaggio) per ogni singolo componente;
- il rapporto acqua/cemento di progetto del mix (considerando gli aggregati saturi con superficie asciutta) e quello effettivamente ottenuto dopo il carico (dosaggio) tenuto anche conto dell'umidità degli aggregati.

Si dovrà inoltre avere automaticamente evidenza:

- ogni qual volta l'errore di dosaggio supera la tolleranza ammessa;
- ogni qual volta si passa da funzionamento automatico a quello manuale dell'impianto.

Ogni centrale di betonaggio od impianto di cantiere dovrà essere dotato di un sistema di recupero e trattamento dei calcestruzzi freschi di risulta, nonché delle acque di lavaggio per il loro eventuale ricircolo (secondo § 2.1.4).

Il calcestruzzo residuo contenuto nelle autobetoniere, nei bilici, autocarri, pompe, ecc. e quello eventualmente rifiutato dalla Direzione di Cantiere ovvero respinto dalla Direzione Lavori non potrà essere portato e gettato a discarica ma dovrà essere inviato ad un apposito impianto di recupero del calcestruzzo fresco da installarsi a cura e spese dell'Appaltatore che provvederà, tramite idonei macchinari e vasche, alla separazione del cemento e degli aggregati, al recupero di quest'ultimi ed al trattamento dell'acqua.

Nel luogo di produzione ed in cantiere dovranno essere installati dei termometri atti a misurare la minima e la massima temperatura giornaliera dell'aria.

2.3.3.2 PESATURA E MISCELAZIONE

Si dovranno rispettare le prescrizioni contenute nella UNI EN 206-1, con particolare riferimento alle indicazioni su:

- tolleranze e modalità di dosaggio (§ 9.7 della UNI EN 206-1);
- miscelazione del calcestruzzo (§ 9.8 della UNI EN 206-1);
- controllo delle apparecchiature (prospetto 23 della UNI EN 206-1).

Il cemento, l'acqua, le eventuali aggiunte (ceneri e microsilice) e gli additivi, dovranno essere misurati con dispositivi separati, usati esclusivamente per ciascuno di essi e di opportuna sensibilità ; gli aggregati dovranno essere dosati per pesate (singole o cumulative) di almeno tre classi.

La centrale-impianto di betonaggio dovrà essere dotata di pesi campione o di altri

dispositivi ausiliari di taratura, per controllare l'accuratezza di ogni misura in tutto il campo di valori consentito da ogni strumento. Verrà predisposto un programma di controlli delle tarature eseguito da personale qualificato: le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi, tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno.

Il tenore di umidità di tutte le diverse classi di aggregati dovrà essere controllato almeno una volta al giorno e comunque ogni volta che cambiano le condizioni atmosferiche nel corso della giornata; inoltre le tramogge contenenti le sabbie dovranno essere dotate di strumenti idonei (sonde di rilevamento) a misurare l'umidità nelle sabbie stesse all'inizio di ciascuna pesata in modo da eseguire automaticamente la correzione di peso effettivo rispetto al teorico e la detrazione dell'acqua presente nell'aggregato. Per gli aggregati grossi, in assenza di sonde di rilevamento la percentuale di umidità potrà essere impostata in modo fisso in base alle rilevazioni giornaliere che dovranno essere registrate su idoneo modulo. In centrale/impianto di betonaggio dovrà essere disponibile un quaderno dove dovranno essere riportati almeno una volta al giorno tutti i valori del tenore di umidità per le varie classi di aggregati confrontati, per quelli finiti con quelli letti automaticamente dalle sonde. Per questi ultimi, nel caso in cui il valore letto dalle sonde differisca più dello 0,5% rispetto a quello ottenuto con la prova manuale dovranno essere indicati i provvedimenti apportati per la correzione della taratura delle sonde e per la correzione della miscela.

La percentuale di umidità nelle sabbie non dovrà, di massima, superare l'8% in peso di materiale secco.

L'impianto dovrà essere costruito in maniera tale che i componenti di un nuovo impasto non possano essere pesati finché non sia stata ultimata la pesata e lo scarico dei componenti dell'impasto precedente.

Ai fini della omogeneità dell'impasto, il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere adeguati. L'impasto dovrà avere:

- sufficiente coesività tale da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi separazione di singoli elementi;
- sufficiente lavorabilità tale che non rimangano vuoti nella massa o sulla superficie dei manufatti al termine della vibrazione in opera.

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 di additivi fluidificanti e l'aggiunta verrà registrata sulla bolla di consegna.

Al fine di garantire un migliore controllo del rapporto acqua/cemento e una corretta miscelazione dell'impasto, si raccomanda l'impiego di impianti di betonaggio con premiscelatore a satelliti, correzione automatica del rapporto acqua-cemento e controllo della consistenza.

In caso di impiego di impianti di betonaggio tradizionali (privi di premiscelatore) onde garantire la corretta miscelazione dell'impasto in betoniera occorre che la stessa giri alla massima velocità per un tempo (T)

$$T \geq n+2$$

n = numero dei metri cubi di calcestruzzo caricati;

T = tempo in minuti

L'autobetoniera non dovrà essere caricata per un volume superiore a quello indicato dal costruttore; i componenti dell'impasto dovranno essere immessi in modo uniforme durante il carico, per quanto possibile.

2.3.4 Trasporto e scarico del conglomerato cementizio

Il trasporto del conglomerato cementizio dal luogo del confezionamento a quello di impiego dovrà avvenire utilizzando mezzi ed attrezzature idonee ad evitare che si verifichi la segregazione dei vari componenti l'impasto o il deterioramento dell'impasto stesso.

Il sistema di trasporto dovrà essere comunicato alla Direzione Lavori per approvazione.

Ove possibile, è consigliabile il trasporto con autobetoniera. Durante il trasporto e l'attesa dello scarico, essa dovrà rimanere costantemente in movimento. Le autobetoniere dovranno essere esaminate periodicamente per verificare la diminuzione dell'efficacia dovuta sia ad accumulo di conglomerato indurito o legante sia all'usura delle lame. L'autobetoniera dovrà essere dotata di apposito libretto che attesti le revisioni periodiche effettuate (ogni 4000 mc. e almeno ogni mese).

Il trasporto del calcestruzzo con autocarro potrà avvenire a condizione che:

- il calcestruzzo venga miscelato da un mescolatore fisso di impianto;
- il calcestruzzo abbia consistenza umida e la lunghezza del percorso e la sua accidentalità siano tali da non causare la segregazione dell'impasto;
- non siano stati immessi additivi aeranti;
- il cassone dell'autocarro sia a tenuta stagna ad evitare perdite.

Non saranno ammessi gli scivoli.

Per i nastri trasportatori, approvati dalla Direzione Lavori, è indispensabile che:

- l'inclinazione del nastro sia tale da non causare il riflusso del calcestruzzo a nastro fermo;
- la tensione del tappeto e la distanza tra i rulli sia tale da non causare evidenti sobbalzi alla massa di calcestruzzo;
- al termine del nastro, il calcestruzzo finisca in una tramoggetta che ne permetta lo scarico verticale nel punto di messa in opera;
- è vietato aggiungere acqua o qualsiasi componente direttamente sul nastro.

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Appaltatore adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto

acqua/cemento del calcestruzzo alla bocca d'uscita della pompa; è vietato aggiungere acqua o qualsiasi componente nella tramoggia di alimentazione della pompa. Nel caso di interruzione del flusso di pompaggio per qualsiasi ragione, l'addetto alla pompa avrà cura di procedere a frequenti brevi aspirazioni e spinte del calcestruzzo per tenerlo in movimento. Nella messa in opera si raccomanda che:

- il terminale in gomma della pompa sia posto in posizione verticale per evitare la segregazione del calcestruzzo;
- nel caso di getti verticali, la tubazione della pompa venga fatta penetrare il più possibile nel cassero per evitare la segregazione del calcestruzzo.

Il tempo intercorrente tra il confezionamento dell'impasto all'impianto (ovvero il momento in cui si aggiunge l'acqua all'impasto) ed il getto non dovrà essere superiore a 60 minuti, nel caso il calcestruzzo venga mantenuto in movimento durante il tempo di trasporto. In caso di particolari condizioni operative (ad esempio getti in galleria a notevole distanza dall'imbocco), prevedendo opportune misure (come additivi ritardanti), potrà essere autorizzato un maggior tempo limite per il getto dal momento del confezionamento fino a 120 minuti. In tal caso per il mix in esame dovrà essere eseguito uno specifico studio di qualifica che attesti il mantenimento della lavorabilità nel tempo con controllo dell'abbassamento al cono di Abrams ogni 15'.

Il trasporto del calcestruzzo mediante veicoli non provvisti di dispositivo di agitazione (autocarri) sarà permesso solo se il tempo tra l'impasto e la messa in opera non supera 15 minuti, salvo diversa autorizzazione.

Nel caso in cui per il mantenimento della lavorabilità a lungo periodo occorresse una ritempera della miscela di calcestruzzo fresco, questa potrà avvenire solo mediante aggiunta di additivo superfluidificante, secondo § 2.1.6.1.

Ogni carico di conglomerato cementizio dovrà essere accompagnato da una bolla indicante:

- numero di serie;
- identificazione dell'autobetoniera;
- la centrale-impianto di produzione;
- la data e l'ora di carico, arrivo in cantiere e scarico;
- la temperatura ambiente;
- il numero del mix;
- la classe di conglomerato, il diametro massimo dell'aggregato, il dosaggio teorico corretto ed effettivo con gli scostamenti assoluti e percentuali dei vari componenti (acqua, cemento, additivi, aggiunte e singole classi di aggregati);
- i metri cubi trasportati;
- l'opera per la quale dovrà essere impiegato.

In calce alla bolla dovranno essere indicati gli eventuali prelievi e prove eseguiti all'impianto. Il personale dell'Appaltatore sarà tenuto ad esibire dette bolle, su richiesta, al personale della Direzione Lavori.

L'Appaltatore dovrà tenere idonea documentazione in base alla quale sia possibile individuare il punto della struttura su cui ciascun carico è stato destinato.

All'atto dello scarico saranno controllate l'omogeneità e la lavorabilità dell'impasto, secondo quanto indicato al § 2.2 e § 2.4.

E' facoltà della Direzione Lavori rifiutare carichi di calcestruzzo non rispondenti ai requisiti prescritti.

La localizzazione in ambito urbano delle aree di cantiere non deve inficiare le caratteristiche prestazionali del calcestruzzo, che dovrà comunque possedere le caratteristiche prescritte al momento della posa in opera indipendentemente dalla distanza dall'impianto di produzione e dalle difficoltà insite nell'operare in spazi ristretti.

2.3.5 Casseforme

Per tali opere provvisorie l'Appaltatore comunicherà preventivamente alla Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'Appaltatore stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere provvisorie 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 atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare per l'approvazione al Direttore dei Lavori i disegni di dettaglio di tutte le casseforme principali, corredati dei calcoli di stabilità.

Nella progettazione e nell'esecuzione delle armature di sostegno delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero 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.

2.3.5.1 CARATTERISTICHE DELLE CASSEFORME

Per quanto riguarda le casseforme viene prescritto l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompressi o compensati; esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ad essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro perfetta

rispondenza ai disegni di progetto.

Tutte le casseforme dovranno essere solide, indeformabili e atte a sopportare ogni sollecitazione sia durante che dopo il getto.

Apposite matrici potranno essere adottate se prescritte in progetto per l'ottenimento di superfici a faccia vista con motivi o disegni in rilievo.

Nel caso di eventuale utilizzo di casseforme in legno, si dovrà curare che le stesse siano 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. Il legname delle casseforme in legno dovrà essere sufficientemente stagionato in modo che non si verifichino ritiri tali da creare fessure fra i vari elementi componenti le casseforme. Se sono di legno non impermeabilizzato, prima del loro impiego è opportuno umidificarle per impedire che assorbano acqua dal calcestruzzo.

Nel caso di cassetta a perdere, inglobata nell'opera, occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

2.3.5.2 PULIZIA E TRATTAMENTO

I casseri dovranno essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito. Le casseforme potranno essere eventualmente trattate con idonee sostanze disarmanti per facilitarne il disarmo.

Dove e quando necessario si farà uso di prodotti disarmanti, secondo quanto prescritto al § 2.1.8. Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al

getto.

Qualora si realizzino conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'uso dei disarmanti sarà subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

2.3.5.3 GIUNTI E RIPRESE DI GETTO

I giunti tra gli elementi di cassaforma saranno realizzati con ogni cura al fine di evitare fuoriuscite di boiaccia e creare irregolarità o sbavature; potrà essere prescritto che tali giunti debbano essere evidenziati in modo da divenire elementi architettonici.

Le riprese di getto saranno, sulla faccia vista, delle linee rette e, qualora richiesto dalla Direzione Lavori, saranno marcate con gole o risalti di profondità o spessore di 2-3 cm., che all'occorrenza verranno opportunamente sigillati.

Particolare cura dovrà essere posta, in relazione al contesto operativo definitivo dell'elemento d'opera, all'impermeabilizzazione dei giunti di ripresa mediante l'inserimento di idonei profili in gomma o altro materiale idroespandente, con modalità e metodi indicati nella parte specifica delle norme di capitolato.

2.3.5.4 LEGATURE DELLE CASSEFORME

I dispositivi che mantengono in posto le casseforme, quando attraversano il conglomerato cementizio, non devono essere dannosi a quest'ultimo; in particolare viene prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi delle casseforme vengano fissati nella esatta posizione prevista usando fili metallici liberi di scorrere entro tubi di PVC o simile, questi ultimi destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio; dove ciò non fosse possibile, previa informazione alla Direzione Lavori, potranno essere adottati altri sistemi prescrivendo le cautele da adottare.

2.3.5.5 PREDISPOSIZIONE DI FORI, TRACCE, CAVITÀ, ETC.

L'Appaltatore avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso di

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 di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle di ispezione, sedi di tubi e cavi, attacchi di parapetti, mensole, sicurvia, segnalazioni, parti di impianti, ecc.

L'onere relativo è compreso e compensato nei prezzi unitari e pertanto è ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

Ove richiesto le casseforme dovranno possedere dispositivi atti all'alloggiamento ed al fissaggio dei tubi in acciaio necessari per effettuare le iniezioni di contatto e di consolidamento a tergo del rivestimento.

2.3.6 Armatura

2.3.6.1 CONTROLLO DEL PESO E DELLA SEZIONE

Per gli opportuni controlli da parte della Direzione Lavori, l'Appaltatore dovrà dichiarare, per ogni partita di acciaio in barre che entra in cantiere, la provenienza e la qualità del materiale stesso, nonché il peso complessivo della partita e quello dei tondini di uno stesso diametro.

Per partita si intenderà il quantitativo di materiale che, pervenendo da un'unica ferriera o da un unico fornitore nello stesso giorno o in un limitato numero di giorni, può essere considerato come unica fornitura omogenea, sia per tipo che per caratteristiche fisiche dei trafilati.

Da ogni partita, per il controllo del peso effettivo, saranno prelevate delle barre campione. Qualora risultassero sezioni effettive inferiori a quelle ammesse dalle tolleranze previste al §11.3.2.7 di cui al D.M. 17/01/2018, il materiale verrà rifiutato e subito allontanato dal cantiere.

Qualora il peso effettivo risultasse inferiore al 98% di quello teorico e fosse ammissibile in base alle tolleranze ed alle normative in vigore, dovranno essere

aggiunte (previe opportune modifiche ai disegni di progetto ed informazione alla Direzione Lavori) barre in quantità sufficiente a realizzare una sezione di acciaio non inferiore a quella prevista dal progetto esecutivo originariamente approvato.

2.3.6.2 SALDATURE, SOVRAPPOSIZIONI E MANICOTTI

Eventuali giunzioni, quando non evitabili, dovranno essere realizzate con:

- manicotti filettati;
- saldature;
- sovrapposizioni definite secondo la normativa vigente e comunque almeno 40 volte il diametro se barre ad aderenza migliorata in posizione rettilinea.

L'impiego di saldature sarà consentito soltanto per barre d'acciaio saldabile secondo D.M. 17/01/2018. Le modalità di saldatura dovranno essere comunicate tempestivamente dall'Appaltatore e dovranno essere supportate con l'esito di prove sperimentali.

Nel caso di impiego di manicotti, l'Appaltatore dovrà consegnare preventivamente alla Direzione Lavori per approvazione le schede tecniche dei prodotti che intende utilizzare.

La lunghezza ed il diametro dei manicotti dovranno essere compatibili con l'armatura. Le giunzioni saranno realizzate in acciaio ad alta resistenza e saranno compresi, oltre agli oneri di installazione, gli oneri di esecuzione delle filettature troncoconiche alle estremità delle barre da giuntare, la fornitura del tappo di protezione in materiale plastico della parte di manicotto non occupato dalla barra di prima fase durante il getto del calcestruzzo, la piastrina di fissaggio del manicotto alla eventuale cassaforma, l'impiego di eventuali dime per il corretto posizionamento degli stessi l'avvitamento delle barre filettate ai manicotti per mezzo di chiave dinamometrica certificata ed ogni altro eventuale onere per la finitura del lavoro a regola d'arte.

Il manicotto dovrà essere fornito da Ditta con sistema di qualità certificato in

grado di accompagnare ogni fornitura con test di trazione eseguiti in fase produttiva da un proprio laboratorio interno.

Le filettature troncoconiche o cilindriche delle barre e quelle del manicotto dovranno essere realizzate in modo che la barra, in opera, non presenti sezioni ridotte al di fuori del manicotto, garantendo così un perfetto accoppiamento che non renda necessario l'uso di controdati.

2.3.6.3 POSA IN OPERA

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto tassativamente l'impiego di opportuni distanziatori, sia prefabbricati in malta di cemento sia in materiale plastico; è vietato l'uso di distanziatori di legno o metallici. Lungo le pareti verticali si dovrà ottenere la necessaria distanza esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello.

L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazioni armate.

La superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma deve essere la più piccola possibile, si preferiranno quindi forme cilindriche, semicilindriche e semisferiche.

Copriferro ed interferro dovranno rispettare quanto indicato nel progetto e dalle Norme vigenti, per quanto riguarda copriferro minimo e correlazione allo stato limite di fessurazione del conglomerato, in funzione delle condizioni ambientali.

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 i filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a mm 0,6 in modo da garantire la invariabilità della geometria della gabbia durante il getto.

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

E' a carico dell'Appaltatore l'onere della posa in opera delle armature metalliche anche in presenza di acqua o fanghi bentonitici.

2.3.6.4 TOLLERANZE

Le tolleranze nel posizionamento delle armature normali sono riportate di seguito; chiamando S lo scarto tra la posizione definita nel progetto e quella effettiva in opera, sono ammessi questi valori:

- copriferro armature strutturali:

$$S = - 0.0 \text{ cm}$$

$$S = + 1.5 \text{ cm (1.0 cm per solette)}$$

- armature di ripartizione o di diffusione (nel senso ortogonale al copriferro):

$$S = \pm 2.0 \text{ cm (purchè siano rispettati i valori di copriferro ed interferro da Norma)}$$

- interasse delle staffe:

$$S = \pm 2.0 \text{ cm (purchè le differenze positive e negative si compensino nello spazio di 1 m).}$$

2.3.7 Esecuzione dei getti

2.3.7.1 PREPARAZIONE DEL GETTO

L'Appaltatore è tenuto a presentare, ogni giorno alla Direzione Lavori un modulo, preventivamente concordato con la stessa, riportante il dettagliato programma dei getti previsti, con indicati almeno:

- il luogo, l'opera e la struttura;
- i m³ di calcestruzzo previsti, la classe di resistenza e i codici del/dei mix utilizzati;
- i relativi impianti di confezionamento.

La Direzione Lavori potrà, a sua esclusiva discrezione, verificare la preparazione

e la rettifica dei piani di posa, delle casseforme, delle armature metalliche e delle eventuali guaine dei cavi per la precompressione, nonché la posizione degli inserti (giunti, water stop, ecc.) e segnalare, qualora le opere non fossero in accordo al progetto approvato o alle prescrizioni del presente capitolato, le eventuali anomalie.

Nel caso di getti contro terra, si dovrà controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesa di materiale isolante, impermeabilizzante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e di Capitolato.

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

Prima del getto, tutte le superfici di contenimento del conglomerato cementizio dovranno essere lavate con acqua od aria in pressione ed i ristagni d'acqua saranno allontanati dal fondo della cassatura; tali superfici, se porose, dovranno inoltre essere mantenute umide nell'arco delle 2 ore precedenti l'inizio delle operazioni di getto.

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

2.3.7.2 OPERAZIONI DI GETTO

Il calcestruzzo deve essere messo in opera e compattato immediatamente dopo l'impasto, anche in base a quanto stabilito al § 2.3.4. Qualora non sia possibile eseguire immediatamente queste operazioni occorre proteggere il calcestruzzo per il tempo necessario ad evitare l'influenza delle condizioni ambientali come il sole, il vento e la pioggia; in climi secchi e caldi il calcestruzzo deve essere messo in opera e compattato entro 30 minuti dalla fine dell'impasto, in climi freddi e secchi entro 60 minuti.

Lo scarico del conglomerato cementizio dal mezzo di trasporto nelle casseforme, dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. E'

ammesso l'uso di scivoli soltanto se risulta garantita l'omogeneità dell'impasto. L'impiego di benne a scarico di fondo e di nastri trasportatori dovrà essere autorizzato dalla Direzione Lavori.

Salvo casi particolari, opportunamente giustificati dall'Appaltatore ed accettati dalla Direzione Lavori, l'altezza di caduta libera del conglomerato fresco sarà funzione delle caratteristiche di segregabilità dell'impasto, ma comunque mai superiore ad 1,0 m.

Il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali non superiore a 50 cm misurati dopo la vibrazione. L'altezza di caduta libera del conglomerato fresco non dovrà mai essere superiore a 100 cm misurati dall'uscita dello scivolo o dalla bocca del tubo convogliatore.

Qualora il conglomerato cementizio dovesse essere gettato in presenza d'acqua, l'Appaltatore dovrà adottare gli accorgimenti necessari per impedire che l'acqua lo dilavi e ne pregiudichi la regolare presa e maturazione. L'onere di tali accorgimenti è a carico dell'Appaltatore.

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

E' vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore.

2.3.7.3 VIBRAZIONE DEL CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo, dopo essere stato posto in opera, dovrà essere costipato alla massima densità possibile mediante vibratori ad immersione o vibratori applicati alle casseforme.

I vibratori applicati alle casseforme saranno limitati a getti di spessore limitato ed ad elementi prefabbricati quali i conci per il rivestimento di gallerie.

La vibrazione per immersione dovrà essere eseguita immergendo il vibratore

verticalmente. Il vibratore dovrà penetrare in ogni suo punto per almeno 5 cm nella parte superiore dello strato orizzontale di calcestruzzo gettato precedentemente.

In linea di massima la durata di vibrazione per metro cubo di calcestruzzo sarà compresa tra 2 e 3 minuti allorché eseguita con vibratore ad immersione avente diametro di 60-70 mm. I vibratori avranno possibilmente frequenze variabili commisurate a tutta la scala granulometrica dell'impasto.

Durante la posa in opera i vespai di ghiaia, eventualmente formatisi, dovranno essere dispersi prima della vibrazione del conglomerato cementizio.

Per getti in pendenza, dovranno essere predisposti dei cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di conglomerato cementizio troppo sottili per essere vibrare efficacemente.

2.3.7.4 RIPRESE DI GETTO

Di norma i getti dovranno essere eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa; nel caso in cui ciò non fosse possibile, prima di effettuare la ripresa, la superficie di conglomerato cementizio indurito dovrà essere accuratamente pulita, lavata, spazzolata ed eventualmente scalfita fino a diventare sufficientemente rugosa da garantire una perfetta aderenza tra i getti. Il giunto di costruzione già formatosi potrà essere umidificato e omogeneamente ricoperto da uno strato di malta plastica che penetri in tutte le irregolarità; tale malta dovrà avere caratteristiche non inferiori alla pasta del conglomerato cementizio.

Tra le successive riprese di getto non si dovranno avere distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore; in caso contrario l'Appaltatore dovrà provvedere ad applicare adeguati trattamenti superficiali traspiranti al vapore d'acqua.

Nelle strutture impermeabili dovrà essere garantita la tenuta all'acqua dei giunti di lavorazione con accorgimenti autorizzati dalla Direzione Lavori.

Per opere particolari l'Appaltatore potrà sottoporre alla preventiva approvazione

della Direzione Lavori specifiche modalità di ripresa di getto, che dovranno essere accompagnate da idonee prove in laboratorio ed in campo su opere e/o parti d'opera e/o manufatti campione appositamente realizzati in sede adeguata.

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti vengano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa; per questo titolo l'Appaltatore non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiori compensi e ciò, neppure nel caso che, in dipendenza di questa prescrizione, il lavoro debba essere condotto a turni ed anche in giornate festive.

2.3.7.5 CONDIZIONI CLIMATICHE

Nel luogo di produzione ed in cantiere saranno installati termometri atti a misurare la temperatura atmosferica, dei materiali e degli impasti. Tali termometri saranno forniti dall'Appaltatore, in modo da fornire i valori con una tolleranza di 0.1°C.

Nel caso di clima freddo, la produzione e la posa in opera del conglomerato cementizio dovranno essere sospese nel caso in cui la temperatura ambientale al momento del getto sia compresa fra 0°C e + 5° C, a meno che sia garantita una temperatura dell'impasto appena miscelato non inferiore a + 8°C (l'Appaltatore dovrà fornire indicazioni circa le modalità e la frequenza dei controlli di temperatura dell'impasto appena miscelato). Questa temperatura potrà essere ottenuta eventualmente anche mediante un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti e/o dell'acqua di impasto in dotazione all'impianto di betonaggio.

Per temperature comprese fra -5°C e 0°C non è ammessa l'esecuzione di getti a meno che non si tratti di quelli relativi a fondazioni, pali e diaframmi, ferme restando le condizioni dell'impasto di cui al capoverso precedente.

La produzione ed il getto del calcestruzzo dovranno essere sospesi nel caso che la temperatura scenda al di sotto di -5°C.

Per i plinti bisognerà comunque adottare le seguenti precauzioni:

- occorre confezionare il getto con inerti privi di grumi congelati o residui di neve o ghiaccio;
- adottare la massima cura nella vibrazione e compattazione del conglomerato;
- provvedere ad eliminare dalle casserature, dalle superfici di fondo o di contenimento del getto e/o dai ferri d'armatura ogni traccia di neve o ghiaccio mediante getti d'aria calda o vapore;
- proteggere ed isolare i getti mediante opportune protezioni da concordare preventivamente con la Direzione Lavori onde permettere l'avvio della presa ed evitare la dispersione del calore di idratazione;
- mantenere le strutture caserate per un periodo minimo di due giorni;
- scegliere, per il getto, le ore più calde della giornata.

Le prescrizioni di cui all'elenco sopra dovranno adottarsi in tutti i casi qualora la temperatura media diurna sia inferiore ai +2° C.

La temperatura della superficie di posa (riprese di getto, casseri, terreno, roccia, ecc.) non dovrà essere inferiore a + 1°C.

Nel caso di clima caldo, se durante le operazioni di getto la temperatura ambiente supera i 35°C, la temperatura dell'impasto non dovrà superare i 35°C; per getti massivi tale limite sarà convenientemente abbassato.

Affinché la temperatura dell'impasto rispetti i limiti suddetti, durante la stagione fredda l'Appaltatore dovrà riscaldare i componenti la miscela, in particolare gli inerti e l'acqua, fino ad una temperatura massima di +40°C, mentre durante la stagione calda l'Appaltatore dovrà proteggere o raffreddare gli stessi componenti se necessario; potrà essere usato ghiaccio in sostituzione di parte dell'acqua di impasto, assicurandosi che tutto il ghiaccio sia sciolto all'atto della posa in opera.

Gli accorgimenti tecnici impiegati per il riscaldamento ed il raffreddamento, dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.

Potranno essere eventualmente impiegati additivi per ritardare la presa e per facilitare la posa e la finitura del conglomerato cementizio. Schede tecniche dei prodotti che l'Appaltatore intende utilizzare dovranno essere preventivamente inviate alla Direzione Lavori. In ogni caso dovranno essere rispettati i limiti di temperatura sopra indicati.

In caso di getto di ampie superfici esposte all'azione del vento (ad esempio lastre di pavimentazione) la superficie esposta del calcestruzzo dovrà essere adeguatamente protetta con idonei prodotti e/o con idonei materiali (es. teloni) atti ad evitare la rapida evaporazione dell'acqua d'impasto.

E' tassativo l'obbligo di fare ricorso, sulle superfici esposte, a prodotti filmogeni o bagnatura continuamente rinnovata.

Per queste limitazioni, l'Appaltatore non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiori compensi.

2.3.8 Stagionatura protetta

Per stagionatura protetta si intende l'insieme di precauzioni che, durante il processo di indurimento e maturazione, permette di trasformare l'impasto fresco in un materiale resistente, impermeabile e durevole.

I metodi di stagionatura e la loro durata dovranno essere tali da garantire per il conglomerato cementizio indurito:

- la prescritta durabilità e resistenza;
- la totale assenza di fessure o cavillature date dal ritiro per rapida essiccazione delle superfici di getto o per sviluppo di elevati gradienti termici all'interno della struttura.

I metodi di stagionatura e maturazione, utilizzati dall'Appaltatore, saranno preventivamente comunicati alla Direzione Lavori per approvazione.

Utili indicazioni sulla stagionatura e sui fattori che la influenzano sono riportate al

§ 5 delle “Linee guida sul calcestruzzo strutturale”. Si prescrive il rispetto dei limiti sulle differenza di temperatura indicati al § 5.1 delle stesse.

2.3.8.1 STAGIONATURA ORDINARIA

Si definisce stagionatura ordinaria quella che avviene a temperatura ambiente, nell’intervallo tra +5°C e +35°C, senza interventi esterni di riscaldamento e raffreddamento controllati.

L’Appaltatore dovrà controllare i fattori che influenzano maggiormente la maturazione, ovvero la temperatura e l’umidità, al fine di evitare:

- un rapido prosciugamento delle superfici esposte all’aria e la conseguente formazione di fessure da ritiro plastico, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo;
- variazioni termiche differenziali nella sezione trasversale delle strutture, che produrrebbero fessurazioni o cavillature tali da compromettere le caratteristiche del conglomerato cementizio indurito. Dovrà essere accuratamente quantificato, in fase progettuale, il bilancio termico complessivo durante la fase di indurimento, in funzione del calore di idratazione e della temperatura esterna, al fine di evitare congelamenti superficiali o di intere strutture sottili, oppure riscaldamento troppo elevato con conseguente abbattimento delle proprietà del conglomerato cementizio indurito.

Quando le condizioni atmosferiche siano tali da lasciare presupporre un eccesso di evaporazione superficiale, le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme, dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile, con una umidità relativa superiore al 95 %, per mezzo di:

- prodotti antievaporanti (§ 2.1.9), da applicare a spruzzo subito dopo il getto;
- continua bagnatura;
- copertura con sacchi di juta bagnati ad intervalli regolari;

- stagionatura a vapore.

Il numero di giorni minimi di stagionatura protetta sono indicati nella Tabella 7 delle “Linee guida sul calcestruzzo strutturale”, rispetto alla velocità di sviluppo della resistenza, temperatura dell’impasto e condizioni ambientali, e comunque per almeno 2 giorni. I riferimenti indicati in norma individuano un numero di giorni di stagionatura minimo per classi di esposizione X0, XC_ ed XA1: tali giorni dovranno essere adeguatamente aumentati nel caso di classi di esposizione più gravose.

Per le solette è fatto obbligo di applicare esclusivamente i prodotti antievaporanti o la bagnatura continuamente rinnovata. Nel caso che sulle solette si rilevino manifestazioni di ritiro plastico con formazione di fessure di apertura superiore a 0,3 mm, l’Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese alla demolizione ed al rifacimento delle strutture danneggiate.

Le superfici del calcestruzzo dovranno essere protette dall'azione del sole, del vento e del gelo ove necessario, ad esempio con teli o materassini isolanti.

Durante il periodo di stagionatura i getti dovranno essere accuratamente protetti per evitare urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

Nel caso siano previste, nelle 24 ore successive al getto durante la fase di stagionatura, temperature dell’aria con valori minori di +5°C o maggiori di +35°C, l’Appaltatore dovrà utilizzare esclusivamente casseri in legno coibentati sull’intera superficie del getto ed eventualmente teli isolanti. In generale, qualora sia necessario eseguire getti durante la stagione invernale, l'Appaltatore dovrà riparare e/o riscaldare le superfici del calcestruzzo, affinché durante il primo periodo della stagionatura siano evitati danni causati da gelo.

Qualora il prodotto antievaporante venisse applicato su una superficie di ripresa o in caso di applicazione di protettivi, prima di eseguire il successivo getto si procederà alla scarificazione della superficie di ripresa.

L'Appaltatore deve proporre una dettagliata descrizione delle procedure di maturazione che dovrà essere preventivamente approvata dalla Direzione Lavori.

2.3.8.2 STAGIONATURA ACCELERATA

Con riferimento alla realizzazione delle predalle, la maturazione accelerata dei conglomerati cementizi con trattamento termico sarà permessa qualora siano state fatte indagini sperimentali sul trattamento termico che si intende adottare, particolarmente per controllare che ad un aumento delle resistenze iniziali non corrisponda una resistenza finale minore di quella prevista in progetto.

Nella produzione di elementi prefabbricati viene, di norma, adottata la maturazione accelerata del conglomerato cementizio mediante trattamento termico.

Dovranno essere rispettate le prescrizioni del § 5.3 delle “Linee guida sul calcestruzzo strutturale”, oltre ai seguenti punti:

- a) la durata di prestagionatura non dovrà essere minore di 3 ore, alla temperatura massima di +30°C;
- b) il gradiente termico di riscaldamento non dovrà superare il valore di 15°C/ora e dovranno essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo punto d);
- c) la temperatura massima all'interno del conglomerato cementizio non dovrà superare i 60°C, puntuale 65°C, ed inoltre la variazione di temperatura non supererà i 15°C da punto a punto della superficie stessa;
- d) la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del conglomerato cementizio e ambiente a contatto con il manufatto non dovrà superare i 20°C;
- e) il controllo, durante la maturazione, dei limiti e dei gradienti di temperatura, dovrà avvenire con apposita apparecchiatura che registri l'andamento delle temperature nel tempo.

2.3.9 Disarmo

Si potrà procedere alla rimozione delle casseforme dai getti quando saranno state raggiunte le prescritte resistenze e comunque quando il calcestruzzo abbia raggiunto una maturazione sufficiente per evitare danneggiamenti alla struttura.

Utili indicazioni sono riportate al § 5.2.1 delle “Linee guida sul calcestruzzo strutturale”, con riferimento a:

- tempi di presa in funzione del cemento e dell’umidità; tali indicazioni sono relative ai tempi per conseguire un’adeguata impermeabilità dello strato superficiale e non prendono in considerazione i tempi per raggiungere la resistenza necessaria per la rimozione dei casseri;
- giorni minimi di stagionatura protetta (§ 2.3.8).

2.3.10 Finitura dei calcestruzzi

La casseratura, il getto, la vibrazione e le finiture dovranno essere eseguiti in modo tale che le superfici dei calcestruzzi risultino il più possibile lisce, uniformi, compatte, omogenee e regolari.

Nessun ripristino o stuccatura dovrà essere eseguito dopo il disarmo del conglomerato cementizio senza il preventivo controllo ed autorizzazione della Direzione Lavori.

Sarà cura dell’Appaltatore presentare alla Direzione Lavori le modalità di ripristino ipotizzate e le caratteristiche dei materiali che intende utilizzare. Se richiesto dalla Direzione Lavori, prima di procedere ai definitivi ripristini, l’Appaltatore effettuerà delle prove per valutare la qualità tecnica ed estetica degli interventi proposti.

La regolarità dei getti dovrà essere verificata con un’asta rettilinea della lunghezza di 2.00 metri, che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni, longitudinale e trasversale. I gradi di finitura per le superfici casserate sono i seguenti:



- Grado F-1. Questo grado di finitura si applicherà alle superfici che saranno ricoperte con rinterri oppure ove è previsto il rivestimento successivo con contropareti, laterizi o altri materiali. Le irregolarità superficiali brusche e graduali non dovranno superare i 15 mm.
- Grado F-2 Questo grado di finitura si applicherà alle superfici che saranno destinate ad essere esposte alla vista, ma senza funzione idraulica. Le irregolarità superficiali non dovranno superare 3 mm se brusche e 8 mm se graduali.
- Grado F-3 Questo grado di finitura si applicherà alle superfici destinate ad avere una funzione idraulica ed alle strutture a faccia vista. Le irregolarità superficiali non dovranno superare 1 mm se brusche e 3 mm se graduali.
- Grado F-4 Questo grado di finitura si applicherà alle superfici dei prefabbricati. Per questo grado non sono ammesse irregolarità superficiali sia brusche che graduali.

Per scostamenti inferiori a mm 10, le eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate mediante bocciardatura ed i punti difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo.

Ciò qualora tali difetti siano contenuti nei limiti che la Direzione Lavori riterrà tollerabili, fermo restando che le suddette operazioni ricadranno esclusivamente e totalmente a carico dell'Appaltatore.

Qualora le irregolarità siano mediamente superiori ai 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura ed onere dell'Appaltatore, mediante uno strato di materiali idonei che, a seconda dei casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori, potrà essere costituito da:

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

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che, con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere dai getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 0,5 cm sotto la superficie finita, e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento; queste prestazioni non saranno in nessun caso oggetto di compensi a parte.

I tiranti di ancoraggio delle casseforme dovranno essere tali che possano essere tagliati ad almeno 10 mm dalla superficie senza che si creino sbeccature al calcestruzzo. Il foro necessario al taglio sarà sigillato con malta di cemento. I tiranti di ancoraggio delle casseforme per tutte le superfici con funzione idraulica devono essere dei tipo a tenuta stagna.

Quando, a giudizio del Direttore dei Lavori, si riscontrassero difetti non rettificabili con normali procedimenti l'Appaltatore dovrà provvedere alla loro eliminazione mediante smerigliatura o ricostruendo parte della struttura difettosa.

Le superfici non casserate dovranno essere finite a semplice staggia, a frattazzo lungo o a lisciatura con frattazzo metallico.

2.3.11 Caratteristiche estetiche

La superficie esterna dei getti in calcestruzzo dovrà essere esente da nidi di ghiaia, bolle d'aria, concentrazioni di malta fine, macchie che ne pregiudichino l'uniformità e la compattezza sia ai fini della durabilità che dell'aspetto estetico.

Qualora previsto nel progetto o prescritto dalla Direzione Lavori le murature in conglomerato cementizio possono venire rivestite sulla superficie esterna con parametri 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.

Il colore superficiale è determinato dalla sottile pellicola di malta che si forma nel getto a contatto con la cassaforma e pertanto per garantirne l'uniformità, per ogni singola opera, il cemento dovrà provenire dallo stesso cementificio ed essere

sempre della stessa qualità, così pure la sabbia dovrà provenire dalla stessa cava ed avere granulometria e composizione costante.

Le opere o i componenti delle opere che dovranno avere lo stesso aspetto superficiale, dovranno ricevere lo stesso trattamento di stagionatura. In particolare si dovrà curare che l'essiccazione della massa del conglomerato cementizio sia lenta ed uniforme.

Si dovranno evitare le condizioni per le quali si possa verificare la formazione di efflorescenze sul conglomerato cementizio, e, qualora queste si formino, sarà facoltà della Direzione Lavori chiedere che esse vengano eliminate a cura dell'Appaltatore.

Si dovrà evitare che vengano prodotte sulla superficie finita scalfitture, macchie o altro che ne pregiudichino la durabilità o l'estetica.

Si dovranno evitare inoltre macchie di ruggine dovute alla presenza di ferri di ripresa; in tali casi occorrerà prendere i dovuti provvedimenti evitando che l'acqua piovana scorra sui ferri e successivamente sulle superficie finite del getto.

Qualsiasi danno o difetto della superficie finita del conglomerato cementizio dovrà essere eliminato a cura dell'Appaltatore con i provvedimenti che la Direzione Lavori riterrà più idonei.

2.3.12 Tolleranza di posizionamento e dimensionali

Le opere in calcestruzzo dovranno essere eseguite in base alle dimensioni ed al posizionamento indicati sui Disegni Esecutivi.

Nelle opere finite gli scostamento ammissibili (tolleranze) rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti sono riportate di seguito; per i vari elementi strutturali; lo scostamento "S" è espresso in cm:

- Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc:
 - posizionamento rispetto alle coordinate di progetto: $S = \pm 3.0\text{cm}$

- dimensioni in pianta : $S = - 3.0 \text{ cm o } + 5.0 \text{ cm}$
- dimensioni in altezza (superiore) $S = - 0.5 \text{ cm o } + 3.0 \text{ cm}$
- quota altimetrica estradosso $S = - 0.5 \text{ cm o } + 2.0 \text{ cm}$
- Strutture in elevazione: pile, spalle, muri ecc.:
 - posizionamento rispetto alle coordinate agli allineamenti di progetto:
 $S = \pm 2.0 \text{ cm}$
 - dimensione in pianta (anche per pila piena): $S = - 0.5 \text{ cm o } + 2.0 \text{ cm}$
 - spessore muri, pareti, pile cave o spalle: $S = - 0.5 \text{ cm o } + 2.0 \text{ cm}$
 - quota altimetrica sommità: $S = \pm 1.5 \text{ cm}$
 - verticalità per $H < 600 \text{ cm}$ $S = \pm 2.0 \text{ cm}$
 - verticalità per $H > 600 \text{ cm}$ $S = \pm H 12$
- Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:
 - spessore: $S = -0.5 \text{ cm o } + 1.0 \text{ cm}$
 - quota altimetrica estradosso: $S = \pm 1.0 \text{ cm}$
- Vani, cassette, inserterie:
 - posizionamento e dimensione vani e cassette: $S = \pm 1.5 \text{ cm}$
 - posizionamenti inserti (piastre boccole): $S = \pm 1.0 \text{ cm}$

In ogni caso gli scostamenti dimensionali negativi non devono ridurre i copriferri minimi prescritti dal progetto.

Le tolleranze relative a tutte le altre strutture in calcestruzzo gettato in opera sono le seguenti:

- Deviazione dalla posizione relativa: $\pm 10 \text{ mm}$;

- Deviazione dalla verticale: ± 5 mm in 3 m con un massimo di ± 15 mm;
- Deviazione dalla pendenza: ± 5 mm in 6 m con un massimo di ± 10 mm.

2.3.13 Giunti di discontinuità

Nelle strutture da eseguire con getto di conglomerato cementizio dovranno essere realizzati giunti di discontinuità sia in elevazione che in fondazione onde evitare irregolari ed imprevedibili fessurazioni delle strutture stesse per effetto di escursioni termiche, di fenomeni di ritiro e di eventuali assestamenti.

Tali giunti vanno praticati ad intervalli ed in posizioni opportunamente scelte, tenendo anche conto delle particolarità della struttura (gradonatura della fondazione, ripresa fra vecchie e nuove strutture, attacco dei muri andatori con le spalle dei ponti e viadotti, ecc.).

I giunti saranno ottenuti ponendo in opera, con un certo anticipo rispetto al getto, appositi setti di materiale idoneo, da lasciare in posto, in modo da realizzare superfici di discontinuità (piane, a battente, a maschio e femmina, ecc.) affioranti in faccia vista secondo linee rette, continue o spezzate.

La larghezza e la conformazione dei giunti dovranno essere approvate dalla Direzione Lavori.

I giunti, come sopra illustrati, dovranno essere realizzati a cura e spese dell'Appaltatore, essendosi tenuto debito conto di tale onere nella formulazione dei prezzi di elenco relativi alle singole classi di conglomerato.

Solo nel caso in cui è previsto in progetto che il giunto sia munito di apposito manufatto di tenuta o di copertura, l'elenco prezzi dovrà prevedere espressamente le voci relative alla speciale conformazione del giunto, unicamente alla fornitura e posa in opera dei manufatti predetti con le specificazioni di tutti i particolari oneri che saranno prescritti per il perfetto e definitivo assetto del giunto.

I manufatti, di tenuta o di copertura dei giunti, possono essere costituiti da elastomeri a struttura etilenica (stirolo butadiene), a struttura paraffinica (bitile), a

struttura complessa (silicone poliuretano, polioossipropilene, polioossicloropropilene), da elastomeri etilenici cosiddetti protetti (neoprene) o da cloruro di polivinile.

In luogo dei manufatti predetti, può essere previsto l'impiego di sigillanti. Essi possono essere costituiti da sostanze oleoresinose, bituminose siliconiche a base di elastomeri polimerizzabili o polisolfuri che dovranno assicurare la tenuta all'acqua, l'elasticità sotto le deformazioni previste, un'aderenza perfetta alle pareti, ottenuta anche a mezzo di idonei primer, non colabili sotto le più alte temperature previste e non rigidi sotto le più basse, mantenendo il più a lungo possibile nel tempo le caratteristiche di cui sopra, dopo la messa in opera.

È tassativamente proibita l'esecuzione di giunti obliqui formanti angolo diedro acuto (muro andatore, spalla ponte obliquo, ecc.). In tali casi occorre sempre modificare l'angolo diedro acuto in modo tale da formare con le superfici esterne delle opere da giuntare angoli diedri non inferiori ad un angolo retto con facce piane di conveniente larghezza in relazione al diametro massimo degli inerti impiegati nel confezionamento del conglomerato cementizio di ogni singola opera.

2.4 PROVE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE

Sulla base delle indicazioni contenute nel Capitolato Speciale d'Appalto – Norme Generali, relative alle prove e verifiche da eseguire sui materiali e più in generale sul calcestruzzo, la successione dei controlli si dovrà articolare nelle seguenti fasi:

- studio preliminare di qualificazione (§ 2.4.1);
- controlli in corso d'opera (§ 2.4.2);
- controlli sulle opere finite (§ 2.4.3).

La garanzia di qualità dei calcestruzzi e dei materiali potrà essere comprovata a seguito di apposite prove sistematiche effettuate dai Laboratori Ufficiali di cui all'Art. 20 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086 e di altri autorizzati con decreto

del Ministro dei Lavori Pubblici come previsto dalla normativa cogente.

2.4.1 Studio preliminare di qualificazione

Lo studio preliminare si articola in due fasi, comprendendo una fase di qualifica delle miscele in laboratorio ed una messa a punto delle miscele all'impianto di produzione.

In primo luogo, la Direzione Lavori fornirà all'Appaltatore eventuali prescrizioni riguardanti i materiali, l'impasto di calcestruzzo e le modalità esecutive, aggiuntive rispetto a quelle del Progettista e del presente Capitolato. Tali prescrizioni non sono definitive e potranno essere modificate in corso d'opera se necessario. L'Appaltatore dovrà sollecitare la Direzione Lavori al fine di ottenere tali indicazioni.

Successivamente, l'Appaltatore dovrà qualificare gli impasti di calcestruzzo presso un Laboratorio Ufficiale riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture, sottoponendo all'esame della Direzione Lavori, prima dell'inizio dei lavori, la seguente documentazione:

- a) i campioni dei materiali che intende impiegare, indicando provenienza, tipo, caratteristiche, qualità e stoccaggio dei medesimi, secondo le indicazioni del § 2.1;
- b) la caratteristiche del conglomerato cementizio usato, secondo quanto indicato al § 2.2; si dovrà fare esplicito riferimento a:
 - la resistenza R_{ck} ;
 - il mix design;
 - il tipo ed il dosaggio del cemento (§ 2.2.2), il rapporto acqua/cemento (§ 2.2.7);
 - il tipo di aggregato, il diametro massimo e lo studio della composizione granulometrica (§ 2.2.3);
 - il tipo ed il dosaggio degli additivi e delle aggiunte che intende usare (§ 2.2.4 e 2.2.5);

- il tipo e la classe di conglomerato secondo il § 2.2.6;
 - le altre caratteristiche elencate nella Tabella 2 quando ritenuto necessario (ad esempio il contenuto d'aria quando si usa additivo aerante);
 - la durabilità (§ 2.2.8), con indicazioni sugli eventuali cicli di gelo-disgelo;
 - la lavorabilità (§ 2.2.8.2);
- c) le caratteristiche della tecnologia esecutiva delle opere, secondo quanto indicato al § 2.3, con particolare riferimento all'impianto di confezionamento ed ai sistemi di trasporto, di getto e di maturazione;
- d) i risultati delle prove preliminari, effettuate dall'Appaltatore presso un Laboratorio Ufficiale riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture, relative all'impasto di calcestruzzo al fine di controllare tutte le caratteristiche richieste dal Progettista, dal presente Capitolato e dalla Direzione lavori; per la valutazione preliminare di resistenza si dovrà fare riferimento alle verifiche indicata al §11.2.3 del D.M. 17/01/2018;
- e) l'elenco delle prove in corso d'opera che dovrà eseguire mettendo a disposizione uomini, mezzi e quanto è necessario, in modo tale che il materiale sia consegnato al Laboratorio in condizioni idonee ad eseguire la sperimentazione; resta inteso che a carico della Direzione Lavori sarà solo la spesa di laboratorio;
- f) i progetti delle opere provvisionali (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).

Tale documentazione dovrà essere presentata per ogni tipo di conglomerato cementizio la cui classe figura nei calcoli statici delle opere. Lo studio di composizione non dovrà essere più vecchio di un anno.

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;



- aver effettuato, in contraddittorio con l'Appaltatore, impasti di prova del calcestruzzo presso l'impianto di produzione per la verifica dei requisiti di resistenza e durabilità. Dette prove saranno eseguite sui campioni confezionati in conformità a quanto proposto dall'Appaltatore ai punti a), b), c), d). La qualifica si intenderà superata quando:
 - la resistenza a compressione media per ciascun tipo di conglomerato cementizio, misurata a 28 giorni sui provini prelevati dagli impasti di prova all'impianto di confezionamento, risulti superiore alla resistenza indicata nella relazione di qualificazione;
 - il valore dell'abbassamento al cono sia conforme alla classe dichiarata;
 - il rapporto a/c (UNI EN 206-1) non superi di 0.04 quello dichiarato in fase di qualifica in laboratorio;
 - il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco sia superiore al 97% di quello ottenuto nella qualifica delle miscele in laboratorio;
 - i valori di altre caratteristiche scelte dalla Direzione Lavori rientrino nei limiti da Essa definiti.

Le caratteristiche dei materiali e la composizione degli impasti, definite in sede di qualifica, non possono essere modificate in corso d'opera, salvo autorizzazione scritta della Direzione Lavori. Qualora si prevedesse una variazione dei materiali, la procedura di qualifica, di cui al presente paragrafo, dovrà essere ripetuta.

2.4.2 Controlli in corso d'opera

La Direzione Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera sui materiali (§ 2.4.2.1) e su ciascun impasto di calcestruzzo (§ 2.4.2.2), al fine di evidenziare eventuali differenze rispetto alle indicazioni dello studio preliminare di qualificazione (§ 2.4.1).

Si dovranno comunque effettuare anche tutti i controlli già definiti al § 2.3 riguardo a impianti, apparecchiature, etc.

L'Appaltatore dovrà consentire alla Direzione Lavori libero accesso ai luoghi di

stoccaggio dei materiali ed ai luoghi di produzione del conglomerato, per poter effettuare, in contraddittorio con il rappresentante dell'Appaltatore, i prelievi ed i controlli previsti nel presente Capitolato.

La frequenza delle prove prescritte dal presente Capitolato sarà stabilita dalla Direzione Lavori, considerando che le stesse dovranno essere eseguite:

- nel rispetto della frequenza minima definita nel presente Capitolato (§ 2.4.2.1 e § 2.4.2.2);
- comunque sempre all'inizio dei lavori prima di autorizzare l'inizio dei getti, per le proprietà dei materiali (l'impasto viene già qualificato in fase preliminare);
- in caso di dubbio, anche conseguente al semplice esame visivo;
- almeno una volta all'anno per le proprietà del calcestruzzo (come stabilito dalla UNI EN 206-1 § 8.2.3.2) (a meno di prescrizioni più restrittive);
- alla prima consegna da parte di una nuovo Fornitore, cava o luogo di provenienza.

I risultati ottenuti dalle prove in corso d'opera non dovranno scostarsi in maniera significativa da quelli individuati in fase di studio preliminare, con una tolleranza definita dalla Direzione Lavori e comunque:

- per la resistenza a compressione del calcestruzzo, nel rispetto dei criteri del “controllo di accettazione” di cui al §11.2.5 del D.M. 17/01/2018;
- secondo il Prospetto 17 della UNI EN 206-1 per i singoli risultati delle caratteristiche del calcestruzzo elencate nel prospetto stesso; per quanto riguarda i valori medi:
 - il rapporto a/c non deve essere superiore al valore di riferimento;
 - il contenuto di cemento non deve essere inferiore al valore di riferimento;
- per la consistenza, la misurazione deve rientrare nella classe specificata;
- per la granulometria:

- le singole percentuali di passante grosso (UNI 8520) non si discostino di più del 5% da quelle definite in fase di qualifica;
- le singole percentuali di passante fine (UNI 8520) non si discostino di più del 3% da quelle definite in fase di qualifica;
- con uno scarto mai superiore al 5% o rientrante nella classe corrispondente, se non diversamente indicato dalla UNI EN 206-1 o nel presente Capitolato.

Possono essere utilizzati altri metodi di prova rispetto a quelli indicati nel presente Capitolato, purché vengano definite idonee correlazioni o relazioni affidabili tra i risultati ottenuti con l'impiego di tali metodi e quelli dei metodi di riferimento.

L'esame dei requisiti deve essere effettuato separatamente per ogni luogo di produzione avente diverse condizioni operative, a meno che le relazioni non siano definite nelle norme nazionali o nelle disposizioni valide nel luogo di impiego della norma.

2.4.2.1 PROVE SUI MATERIALI

Con le modalità e la frequenza minima indicate nella Tabella 2 del § 8, si dovranno controllare quelle caratteristiche dei materiali prescritte nel presente Capitolato, oltre a quelle che la Direzione Lavori riterrà di volta in volta opportune.

In ogni caso, ad ogni consegna di cementi, aggregati, additivi ed aggiunte, prima del loro scarico in cantiere, si dovrà verificare che il documento di consegna riporti una dichiarazione di conformità con l'ordine, effettuato secondo quanto richiesto nelle norme o nelle specifiche relative.

Ad ogni consegna di cementi, additivi ed aggiunte, si raccomanda che vengano prelevati e conservati dei campioni da assoggettare a prova in caso di dubbio.

Qualora sorgesse il dubbio di un degradamento delle caratteristiche del materiale o di un cambiamento dell'impasto di calcestruzzo, dovuto ad una causa qualsiasi, è facoltà insindacabile della Direzione Lavori richiedere la ripetizione delle prove

esclusivamente a carico dell'Appaltatore, anche se non prescritte nel presente Capitolato.

2.4.2.2 PROVE SUL CALCESTRUZZO

Nella Tabella 3 del § 8 sono specificate quali caratteristiche del calcestruzzo dovranno essere verificate e con quale frequenza minima; tutte quelle indicate come facoltative dovranno essere controllate a discrezione della Direzione Lavori.

In ogni caso si dovranno rispettare le indicazioni delle norme UNI EN 12350 (Prove sul calcestruzzo fresco) e UNI EN 12390 (Prove sul calcestruzzo indurito).

I criteri di conformità ed accettazione per le proprietà diverse dalla resistenza sono indicati al § 8.2.3 della UNI EN 206-1.

Nel caso di impiego di un calcestruzzo di nuova composizione, dovranno essere effettuate idonee prove iniziali al fine di garantire un calcestruzzo che abbia le proprietà specificate con adeguati margini. Le prove iniziali non sono richieste nel caso si abbia un'esperienza di lunga data con un analogo calcestruzzo o una famiglia di calcestruzzi, ai sensi della UNI EN 206-1.

Per opere sottofalda, si prescrive l'esecuzione della prova di “Resistenza alla penetrazione dell'acqua” (n° 10 della Tabella 3), con una frequenza minima di:

- ogni 300 mc di getto
- una prova per ogni getto differente (ad esempio per interruzione, fondo, muri, volta,etc).

2.4.2.3 RESISTENZA DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Per la determinazione delle resistenze a compressione dei conglomerati, per la preparazione e stagionatura dei provini, per la forma e dimensione degli stessi e relative casseforme, si dovrà anche fare riferimento alle indicazioni di cui al §11.2 del D.M. 17/01/2018 ed alla norma UNI EN 12390; in particolare, per quanto

riguarda la frequenza dei controlli si seguiranno le indicazioni di cui al § 11.2.5 del D.M. 17/01/2018.

I provini per la valutazione della resistenza caratteristica a 28 giorni, nonché della resistenza raggiunta al momento del taglio dei trefoli o fili aderenti nelle strutture prefabbricate, dovranno essere maturati nelle stesse condizioni termigrometriche della struttura secondo quanto indicato dalla Norma UNI EN 12390-2.

2.4.3 Controlli sulle opere finite

Il controllo della qualità del calcestruzzo in opera sarà eseguito su tutte le strutture realizzate, a prescindere dall'esito dei controlli di accettazione, e riguarderà la resistenza caratteristica.

Laddove si prescriva il raggiungimento di specifici valori di resistenza a tempi di maturazione inferiori a 28 giorni, anche questi saranno soggetti a controllo in opera.

Come metodologie si potrà determinare la resistenza:

- tramite carote prelevate secondo UNI 6131 ed UNI 12504-1;
- tramite sclerometro secondo UNI 12504-2, eventualmente combinato con la misurazione della velocità di impulsi d'onde vibrazionali secondo UNI 9524;
- tramite prova di estrazione di tasselli post-inseriti (pull-out test) secondo UNI 10157.

Il numero di prove da effettuare dovrà essere:

- per opere fino a 300 mc: 2 carotaggi ogni 100 mc o frazione;
- per opere oltre i 300 mc: 3 carotaggi e 5 prove (sclerometro o pull-out) ogni 100 mc o frazione.

2.4.4 Non conformità

Nel caso in cui, durante i controlli in corso d'opera, si riscontri una non conformità di una o più caratteristiche dei requisiti di base (riguardo materiali, calcestruzzo e modalità esecutive), si dovranno intraprendere le seguenti azioni:

- interrompere le operazioni di getto interessate dal calcestruzzo non conforme;
- verificare i risultati di prova e le modalità di esecuzione della stessa, ripetendo eventualmente la prova (a spese dell'Appaltatore);
- se la non conformità viene confermata, intraprendere le azioni correttive necessarie nel processo di produzione al fine di rispettare i requisiti richiesti, dopo aver individuato la causa del problema;
- nel caso in cui sia stato già utilizzato il calcestruzzo non conforme per il getto in opera, si dovrà procedere secondo le indicazioni di cui al § 11.2.5.3 del D.M. 17/01/2018; la Direzione Lavori potrà richiedere ulteriori prove da eseguire sull'opera finita, secondo § 11.2.7 del medesimo D.M.;
- adottare i provvedimenti necessari al fine di evitare il ripetersi del problema.

Tutte le azioni intraprese dovranno essere riportate su di un apposito registro. In caso di applicazione di un Sistema Qualità aziendale certificato, le non conformità verranno registrate e gestite secondo le procedure del Manuale della Qualità applicato. In caso di assenza di un Sistema Qualità, si dovranno comunque indicare: la causa della non conformità, i provvedimenti relativi assunti, i tempi di intervento, la destinazione del prodotto non conforme.

Le prove complementari potranno riguardare qualunque caratteristica del calcestruzzo.

3 MANUFATTI PREFABBRICATI

3.1 GENERALITÀ

I manufatti prefabbricati considerati nel presente paragrafo sono i manufatti in conglomerato normale o precompresso, misti in laterizio e cemento armato e metallici. I manufatti prefabbricati dovranno essere conformi alle prescrizioni contenute in:

- D.M. 17/01/2018; in particolare dovranno essere rispettate tutte le indicazioni riportate al §11.8.
- D.M. 03/12/1987 “Norme Tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate” e successivi aggiornamenti;
- Circ.Min. n° 31104 del 16/03/1989 Istruzioni in merito al D.M. 03/12/1987.
- Istruzioni C.N.R. 10025/98 “Istruzioni per il progetto, l’esecuzione e il controllo delle strutture costruite con sistemi industrializzati”.

con riferimento a:

- progetto delle opere dal punto di vista delle verifiche di sicurezza e della durabilità;
- costruzione delle opere secondo le tolleranze, le modalità ed i particolari costruttivi definiti;
- prove preliminari e controlli;
- trasporto e montaggio;
- uso e manutenzione.

Per quanto non in contrasto con le norme sopra citate, si dovranno rispettare le prescrizioni contenute nel § 2 - MANUFATTI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA e nella UNI EN 206-1.

Ove non previsti sui disegni di progetto, l'impiego di elementi totalmente o parzialmente prefabbricati è subordinato alla preventiva autorizzazione della Direzione Lavori, che potrà prescrivere prove sperimentali atte a prevedere il comportamento della struttura realizzata con tali elementi, con particolare riguardo alla durata nel tempo ed alla efficienza dei collegamenti, tenendo conto dei fenomeni di ritiro e di viscosità e degli effetti dei carichi alternativi o ripetuti.

3.2 QUALIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI DI PREFABBRICAZIONE

Gli impianti di prefabbricazione, siano essi in stabilimento che a piè di opera, dovranno essere prequalificati dall'Appaltatore e tale qualifica dovrà essere sottoposta, per controllo ed approvazione, alla Direzione Lavori prima di iniziare la produzione.

Tale controllo consisterà nella verifica sull'idoneità di:

- attrezzature da usare nella prefabbricazione quali: impianti di betonaggio, casseforme, piani vibranti, aree di produzione opportunamente coperte e di stoccaggio, modalità di protezione e trasporto ecc;
- modalità esecutive quali: tempi e modi di produzione, metodi di vibrazione, metodi di stagionatura, etc.
- il laboratorio interno per le prove sui materiali;
- le attrezzature per il controllo dei cicli termici durante la stagionatura;
- le materie prime utilizzate nel ciclo produttivo.

3.3 MODALITÀ ESECUTIVE

In aggiunta alle prescrizioni indicate nel § 2.3, valgono anche quelle dei seguenti paragrafi.

3.3.1 Controllo sulle casseforme

Le casseforme dovranno rispondere alle seguenti tolleranze dimensionali (S = scarto ammissibile):

- lunghezza: $S = L/1000$ (minimo ± 20 mm)
- sezione (altezza, larghezza, ali): $S = L/200$ (minimo ± 4 mm)
- spessore anima: $S = s/200$ (minimo ± 2 mm)

3.3.2 Posizionamento armature

Si prescrive:

- Armature in prossimità delle superfici (con il segno + si indica una maggiore distanza dalle superfici):

$$- 0.0 \text{ cm} \div + 0.5 \text{ cm}$$

- Armature interne cui è affidata la resistenza strutturale:

il maggiore tra $S = + 0.25 \text{ cm}$ e $S = + h/100$

essendo h lo spessore in cm del calcestruzzo nella direzione dove lo scarto dell'armatura riduce la resistenza strutturale

- Armature interne costruttive:

$$\text{il maggiore tra } S = + 1.0 \text{ cm e } S = + h/50$$

Lo scarto S deve in ogni caso essere inferiore a + 3 cm nel caso di armature ordinarie e di + 0,5 cm per quelle da precompressione, fermo restando quanto detto per le armature di superficie dove S è lo scarto tra la posizione teorica di progetto e la posizione in opera.

3.3.3 Scassero

Prima di procedere allo scassero dei manufatti si dovrà verificare, per mezzo di prove preliminari, che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza richiesta per

questa operazione. Per eventuali azioni si dovrà tenere conto dell'attrito della cassaforma, delle azioni dinamiche, della posizione dei punti di sollevamento, etc. In mancanza di determinazioni più precise si assumerà che gli sforzi massimi siano dovuti al peso proprio maggiorato del 30%.

Tale condizione vale anche per la verifica delle condizioni di sollecitazione all'intorno del punto di sollevamento, anche per l'eventuale armatura di frettaggio.

3.3.4 Identificazione e stoccaggio dei manufatti

Si dovrà rispettare la posizione dei punti di appoggio come da progetto, per non indurre o favorire deformazioni lente e/o una variazione dimensionale tale da pregiudicare il montaggio stesso e/o un rilassamento non ammissibile dei cavi di precompressione, ove presenti.

Dovranno essere utilizzati appoggi che riducano al minimo le tensioni interne per dilatazione o ritiro. Dovranno essere indicati il tempo minimo, le tensioni interne per dilatazione o ritiro.

Dovranno essere indicati il tempo minimo e massimo di stoccaggio.

Ciascun elemento dovrà essere contrassegnato almeno come prescritto al § 4.2.2 del D.M. 03/12/1987, salvo i maggiori dati richiesti per manufatti in cemento armato precompresso.

3.3.5 Trasporto

Modalità e tempi del trasporto del manufatto dovranno essere tali da evitare danneggiamenti allo stesso. Per il calcolo delle sollecitazioni, ove non più precisamente determinato si assumerà una azione dovuta al peso proprio maggiorato del 30% per trasporto su strada e del 10% per trasporto in area di cantiere.

Si dovranno tenere nel dovuto conto, nel caso del trasporto su strada, delle azioni indotte dalla frenatura e dalla azione centrifuga.

Nel caso di trasporto su parti di opera in costruzione dovrà essere accuratamente predeterminata la fascia di transito e le azioni volte ad impedire la fuoriuscita da tale fascia.

3.3.6 Montaggio

Le operazioni di posizionamento e montaggio devono essere dettagliatamente descritte nel piano di montaggio e varo, che dovrà anche specificare le tolleranze ammesse nel posizionamento, ove già non previste in fase progettuale.

Nel caso di travi prefabbricate di lunghezza L , salvo più restrittive specifiche progettuali, dovranno essere rispettati i seguenti limiti (s = scarto ammissibile)

- posizionamento appoggi nel senso longitudinale:

$$s = \pm L/2000 \text{ con un massimo di } \pm 1 \text{ cm}$$

- posizionamento appoggi nel senso trasversale: $s \leq \pm 1 \text{ cm}$
- posizionamento altimetrico appoggi:
 - assoluto: $s \leq \pm 0,5 \text{ cm}$
 - relativo tra appoggi di una stessa travata su una pila: $s \leq \pm 2.5 \text{ mm}$
- parallelismo piani di appoggio travi pulvino

$$s \leq \pm 0,003 \text{ rad}$$

Qualora le travi vengano poste su appoggi provvisori per essere trasferite su quelli definitivi dopo aver effettuato i collegamenti trasversali, andranno valutate le sollecitazioni dovute alle tolleranze di posizionamento precedentemente indicate.

3.3.7 Controlli dimensionali e strutturali dei manufatti

Questi controlli vanno eseguiti sul luogo di produzione degli elementi prefabbricati prima delle operazioni di montaggio e sono indipendenti dalle operazioni di collaudo da effettuarsi sull'impalcato finito.

Dovranno comunque essere effettuati i seguenti controlli:

- la misura delle deformate all'atto della precompressione di tutti gli elementi prodotti; ad esempio, nel caso di travi precomprese, andranno misurate sia l'accorciamento assiale che le controfrecce in un numero significativo di punti. Per un elemento ogni 5 questa misura andrà ripetuta dopo 3 giorni dalla tesatura e poi settimanalmente per tutta la fase di stoccaggio del pezzo;
- il controllo dimensionale rigoroso di un elemento ogni dieci (10) prodotti; I controlli dimensionali sono da intendersi positivi, salvo limitazioni più restrittive previste in progetto, quando vengono rispettate le seguenti tolleranze (S = scarto ammissibile):
 - lunghezza delle travi: $S = \pm L/1000$ con un massimo di ± 2 cm
 - dimensioni globali della sezione (altezza, larghezza delle ali etc.):

$$S = L/200$$
 con un massimo di 4 mm
 - spessore delle anime: $S = \pm s/100$ con un massimo di ± 3 mm
- la prova di carico in fase elastica si condurrà assoggettando il pezzo a n. 3 cicli di carico la cui entità e modalità di applicazione deve essere definita in modo da avere deformazioni significative, compatibilmente con le dimensioni del pezzo da provare. Questa prova andrà condotta sui tre primi pezzi prodotti per poter eventualmente intervenire immediatamente sulla produzione.

3.3.8 Controlli e documentazione

Per tutti i manufatti prefabbricati, dovranno essere trascritti, nel “Registro di produzione”, i seguenti dati:

- sigla o contrassegno del manufatto riferita al disegno di monitoraggio;
- peso del manufatto;
- data e ora di fine getto;
- data e ora di rilascio di trecce/trefoli (per strutture pre-tese) o di tesatura dei cavi o barre (per strutture post-tese);
- tensione di tesatura delle armature di precompressione;



- per i manufatti pre-tesi allungamento a campione sul 30% di trecce/trefoli diritti e su tutti quelli eventualmente deviati;
- per i manufatti post-tesi allungamento parziale e totale di ogni cavo o barra;
- controfascia dei materiali impiegati;
- caratteristiche dei materiali impiegati.

Per “Registro di produzione” non si intende quello menzionato al punto 5.2.1 del D.M. 03.12.87.

3.4 MANUFATTI POSIZIONATI TRAMITE SPINTA

Per quanto riguarda la tolleranza di tali manufatti dopo la spinta, la posizione effettiva in altezza non dovrà discostarsi da quella teorica delle quantità:

- + 10 cm;
- - 1% sulla dimensione longitudinale.

4 MANUFATTI IN CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO

I manufatti in cemento armato precompresso, trattati nel presente capitolo, riguardano:

- strutture con un sistema di pre-tensione;
- strutture con un sistema di post-tensione, a cavi interni od esterni.

Per quanto non in contrasto con le disposizioni di seguito indicate, valgono tutte le prescrizioni definite per opere in calcestruzzo gettato in opera (§ 2) o prefabbricato (§ 3), a seconda del manufatto considerato.

4.1 REQUISITI DI BASE DEI MATERIALI

4.1.1 *Armature di precompressione*

4.1.1.1 CLASSIFICAZIONE

L'acciaio per cemento armato precompresso comprende le tipologie indicate al §11.3.3 del D.M. 17/01/2018 “Norme tecniche le costruzioni”:

- filo;
- barra;
- treccia;
- trefolo.

4.1.1.2 CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO

L'acciaio utilizzato per opere in cemento armato precompresso dovrà rispettare le prescrizioni di cui al § 11.3.3.2 del D.M. 17/01/2018 per quanto riguarda proprietà meccaniche.

4.1.1.3 FORNITURA, ACCETTAZIONE E STOCCAGGIO

L'acciaio deve essere qualificato all'origine, portando impresso, in accordo alle indicazioni di cui al §11.3.1.4 e §11.3.3.1 del D.M. 17/01/2018, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

I controlli in stabilimento da parte del Produttore dovranno rispettare le prescrizioni riportate al § 11.3.3.5.3 del D.M. 17/01/2018.

4.1.2 Guaine dei cavi di precompressione

In funzione del diametro, si dovranno rispettare i requisiti indicati nella UNI EN 523.

In opera, le guaine dei cavi dovranno essere assolutamente stagne e le giunzioni dovranno essere efficacemente protette.

4.1.3 Malta per iniezioni

Nelle strutture in cemento armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, è necessario che le guaine vengano iniettate con pasta di cemento fluida, a ritiro compensato e con adeguata resistenza meccanica, secondo le indicazioni del § 6.2.

4.2 LAVORAZIONI E MODALITÀ ESECUTIVE

L'Appaltatore dovrà attenersi rigorosamente alle prescrizioni contenute nei calcoli statici e nei disegni esecutivi per tutte le disposizioni costruttive, ed in particolare per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- il posizionamento dell'armatura con le tolleranze indicate;
- i dispositivi speciali, come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, predisposizione e posizionamento di tubi di sfiato per le guaine, ecc.;

- le fasi di applicazione della precompressione;
- la messa in tensione da uno o da entrambi gli estremi;
- le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni.

Si dovranno rispettare le prescrizioni contenute ai § 4 ed 11 del D.M. 17/01/2018, per quanto riguarda:

- compattazione dei getti;
- copriferro delle armature di precompressione;
- testate di ancoraggio;
- posa delle barre, dei cavi e loro messa in opera (operazioni di tiro, protezione dei cavi ed iniezioni).

4.2.1 Tolleranze nel posizionamento delle armature

Le tolleranze nel posizionamento delle armature da precompressione sono riportate di seguito; chiamando S lo scarto tra la posizione teorica di progetto e quella effettiva in opera, sono ammessi questi valori:

- cavi e/o barre: $S = \pm 1.0 \text{ cm}$
- trefoli: $S = \pm 0.5 \text{ cm}$

Le tolleranze per armature normali sono riportate nel § 2.3.6.4.

Nelle strutture ad armatura pretesa tutte le armature di precompressione dovranno essere aderenti su tutta la loro lunghezza al conglomerato cementizio.

Oltre a quanto prescritto dalle vigenti norme di legge si precisa che, nella posa in opera delle armature di precompressione, l'Appaltatore dovrà assicurarne l'esatto posizionamento mediante l'impiego di adeguati supporti.

4.2.2 Tesatura dei cavi

Per quanto riguarda le fasi di applicazione della precompressione, un piano dettagliato dovrà essere definito in progetto e inviato per informazione alla Direzione Lavori.

L'Appaltatore, durante le operazioni di tesatura dovrà registrare, su appositi moduli da consegnare in copia alla Direzione Lavori, i tassi di precompressione e gli allungamenti totali o parziali di ogni cavo della struttura, secondo § 4.1.8.3 del D.M. 17/01/2018.

4.2.3 Protezione dei cavi dalla corrosione

Al fine di preservare le armature metalliche delle strutture in cemento armato precompresso dall'azione corrosiva delle correnti vaganti, l'Appaltatore è tenuto a collegare tutti i ferri delle armature di precompressione tra loro nelle testate delle strutture mediante un conduttore di acciaio da collegare con un terminale da realizzare con un tondo di ferro dolce del diametro di 24 mm e sporgente dalla struttura per una lunghezza non inferiore a 20 cm.

Poiché tale conduttore dovrà servire, dopo l'ultimazione dell'opera e dopo l'attivazione dell'esercizio, al rilevamento delle correnti vaganti e eventualmente poi alla messa a terra delle strutture o alla loro protezione catodica, lo stesso dovrà già essere previsto, nella fase di progettazione, in posizione accessibile ad opera ultimata. Tutti i collegamenti, di cui sopra, dovranno, preferibilmente, essere ottenuti mediante saldatura.

Qualora tale procedimento non fosse possibile, per motivi di sicurezza inerenti all'integrità delle armature di precompressione, si potranno effettuare i collegamenti stessi con altro sistema, che assicuri un sufficiente grado di conduttività anche col volgere degli anni.

Nel caso di strutture in c.a.p. ad armature pretese e per le quali risultasse di difficile esecuzione il collegamento delle estremità delle armature stesse con un



conduttore, si potrà provvedere all'isolamento elettrico dell'impalcato, mediante verniciatura delle superfici di testata con opportune resine sintetiche e dielettriche.

4.3 PROVE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE

I controlli in cantiere sull'armatura dovranno essere effettuati secondo il § 11.3.3 del D.M. 17/01/2018.

L'unità di collaudo per acciai da c.a.p. è costituita dal lotto di spedizione del peso massimo di 30 t spedito in un'unica volta e composta da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

5 CALCESTRUZZI SPECIALI

Per i calcestruzzi speciali, valgono le prescrizioni di cui ai § 2, 3 e 4 ed alla UNI EN 206-1, per quanto non in contrasto con le indicazioni sotto riportate.

In particolare, si dovrà fare riferimento:

- per i calcestruzzi autocompattanti, alla UNI 11040.
- per i calcestruzzi vibrati addizionati con fibre metalliche e sintetiche, a:
 - UNI 11039 - Calcestruzzo rinforzato con fibre metalliche;
 - UNI EN 1169 – Calcestruzzo prefabbricato rinforzato con fibre di vetro.
- per i calcestruzzi con polimeri, alle UNI 9527 e UNI 9528.
- per i calcestruzzi proiettati, a quanto riportato al § 5.1.
- per il calcestruzzo leggero ed utilizzo di aggregati leggeri, a:
 - UNI EN 206-1 (§ 4.3.2);
 - UNI 7548.
- calcestruzzo ad alta resistenza ed alta prestazione, a:
 - UNI EN 206-1 (appendice H);
 - Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici, Linee guida sul calcestruzzo strutturale, 1996;
 - Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici, Linee guida sui calcestruzzi strutturali ad alta resistenza.

Per quanto riguarda:

- calcestruzzo aerato autoclavato (AAC);
- calcestruzzo alleggerito con struttura aperta (LAC);
- calcestruzzo per strutture massicce;
- calcestruzzo pesante;

l'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza di tutte le normative cogenti a livello nazionale ed a tutte le norme UNI e le istruzioni tecniche relative.

5.1 CONGLOMERATO CEMENTIZIO PROIETTATO O GUNITE

Il conglomerato cementizio proiettato è una miscela di cemento, aggregati, acqua ed eventuali additivi. La malta proiettata o gunite è una miscela di cemento, acqua, eventuali additivi ed aggregati con dimensione massima di 4 mm. Nel seguito il termine conglomerato cementizio proiettato indicherà entrambi i tipi.

Per le miscele poste in opera, si dovranno rispettare le prescrizioni della UNI 10834.

Dovranno essere rispettate le prescrizioni previste relativamente a:

- controllo granulometrico;
- tipo classe e dosaggio del cemento;
- classe di esposizione (UNI 11104);
- classe di consistenza.

5.1.1 Caratteristiche dei costituenti

5.1.1.1 ADDITIVI

Gli acceleranti di presa dovranno essere compatibili con il cemento impiegato e non essere nocivi alle armature, né alle reazioni di idratazione del cemento, e se ne dovrà dare informazione alla Direzione Lavori.

I silicati di sodio eventualmente utilizzati dovranno essere conformi ai seguenti requisiti:

- massa volumica non inferiore a 1,36 g/cm³;
- rapporto ponderale SiO₂/Na₂O non inferiore a 3.4;
- contenuto di cloruri inferiore allo 0.1%;

- Ph non superiore a 5.

5.1.1.2 FIBRE METALLICHE

Nel caso di impiego di fibre metalliche la fibra di acciaio, di lunghezza compresa tra 20 e 40 mm e diametro equivalente ($Deq = 2 \sqrt{A/\pi}$) di circa 0,5 mm dovrà essere ottenuta mediante trafilatura a freddo di filo d'acciaio a basso tenore di carbonio e garantire le seguenti caratteristiche meccaniche fisiche e elastiche:

- resistenza a trazione (R_{ak}) superiore a 1200 N/mm²;
- resistenza a trazione allo 0.2% dell'allungamento ($R_{3k 0,2}$) superiore a 1000 N/mm²;
- allungamento a rottura minore del 2,0%;
- "rapporto d'aspetto" L/D compreso tra 50 e 80, dove: L = lunghezza della fibra e D = diametro della fibra.

Il dosaggio ed il caricamento delle fibre dovranno avvenire per mezzo di un impianto automatico provvisto di un idoneo sbrogliatore.

Su ogni singola confezione (sacchetto, scatola, sacco) dovrà essere stampata la sigla commerciale, il peso contenuto, la data e il luogo di produzione e il riconoscimento della partita al fine di individuare univocamente il materiale.

5.1.1.3 FIBRE SINTETICHE

Nel caso di impiego di fibre sintetiche nel calcestruzzo proiettato la fibra in materiale sintetico ad alto peso molecolare, ricavata da un film fibrillato, dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- spessore inferiore a 80 micron;
- lunghezza compresa tra 6 e 18 mm;
- tenacità non inferiore a 500 N/mm²;
- modulo elastico non inferiore a 14000 N/mm².

Nel caso di impiego di fibre sintetiche nella malta proiettata la fibra in materiale sintetico ad alto peso molecolare, del tipo a monofilamento, dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- diametro inferiore a 20 micron;
- lunghezza compresa tra 6 e 12 mm;
- tenacità non inferiore a 350 N/mm².

Su ogni singola confezione (sacchetto, scatola, sacco) dovrà essere stampata la sigla commerciale, il peso contenuto, la data e il luogo di produzione e il riconoscimento della partita al fine di individuare univocamente il materiale.

5.1.2 Requisiti della miscela

Per migliorare la qualità dello strato applicato, in caso di ambiente aggressivo, sarà necessario usare quegli accorgimenti di posa in opera e quegli additivi (superfluidificanti, a base di silice amorfo, etc.) che rendano lo strato stesso impermeabile e resistente agli agenti chimici (in particolare cloruri e solfati eventualmente presenti).

Il rapporto acqua/cemento massimo non dovrà comunque essere superiore a 0.55

La granulometria degli aggregati dovrà avere una distribuzione continua, compatibile con le dimensioni dell'ugello e con la quantità d'aria disponibile. inoltre dovrà essere studiata in modo da consentire una buona pompabilità con il minor sfrido.

La permeabilità della miscela indurita secondo UNI 7031 dovrà essere inferiore a:

- 50/20 mm come valori massimo e medio;
- 30/20 mm come valori massimo e medio, se esposto direttamente.

5.1.3 Produzione

5.1.3.1 PREPARAZIONE DELLA PARETE DA TRATTARE

Le superfici da gunitare dovranno essere pulite e scevre da materiali instabili, terre, polveri, grassi, oli ed altri elementi contaminanti.

Eventuali venute d'acqua dovranno essere regimate e canalizzate superficialmente per evitare sottopressioni sulla superficie trattata e danneggiamenti al conglomerato proiettato.

5.1.3.2 ARMATURE

La distanza fra le armature dovrà essere, in tutti i casi, uguale o superiore a 15 cm (barre o rete elettrosaldata).

Dovrà essere particolarmente curato il fissaggio delle armature, con almeno 2 chiodi/mq, su un primo strato di conglomerato proiettato dello spessore di almeno 2 - 3 cm, per evitare movimenti o distacchi durante la successiva proiezione.

La distanza fra l'armatura e la parete da stabilizzare dovrà essere rigorosamente compresa fra 2 e 5 cm.

5.1.4 Controlli

I controlli dovranno essere eseguiti secondo le modalità e le frequenze minime previste nei § 6.2, § 8 ed Appendici della UNI 10834.

5.1.4.1 PROVE SUL CALCESTRUZZO PROIETTATO INDURITO: RESISTENZA A COMPRESSIONE E MASSA VOLUMICA

La resistenza a compressione dei provini prelevati dalla parete non dovrà scostarsi da quella dei provini ricavati dal pannello di +10%.

Nel caso vengano riscontrati valori di resistenza inferiori a quelli attesi a 2 e 7 giorni, su indicazione della Direzione Lavori e a cura e spese dell'Appaltatore, dovranno essere installate stazioni di monitoraggio per la verifica della stabilità

della struttura. Dovrà inoltre essere incrementato il numero di prelievi di controllo (dai pannelli e dalla parete).

Nel caso vengano riscontrati dopo 28 giorni dalla proiezione valori di resistenza a compressione inferiori a quelli minimi di progetto la Direzione Lavori provvederà a declassare il calcestruzzo proiettato e, nel caso di pericolo di potenziale degrado dello stesso, potrà richiedere all'Appaltatore a sua cura e spese, di rimuovere il materiale dalla parete e sostituirlo.

La media dei valori della massa volumica dei provini ricavati dalla parete in sito non dovrà essere inferiore al 97% dei valori misurati sui provini ricavati dalla piastra.

5.2 CALCESTRUZZI A RITIRO COMPENSATO

Per ottenere un calcestruzzo (o un betoncino) a ritiro compensato è necessario utilizzare opportuni additivi espansivi.

5.3 CALCESTRUZZI AUTOCOMPATTANTI SCC

5.3.1 *Prescrizioni ed oneri generali*

Saranno tenute in evidenza sia le esigenze di natura meccanica (Rck) che ambientali (Classi di Esposizione). In particolare il conglomerato dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- **Resistenza Caratteristica (Rck)**, per ogni tipologia di struttura tenendo in evidenza le prescrizioni minime per la durabilità fissate dalla **UNI 11104 (UNI EN 206-1)**;
- Classe di esposizione ambientale, secondo la normativa UNI 11104 (UNI EN 206-1);
- **Il diametro massimo degli aggregati**, che non dovrà essere maggiore di 25 mm.;

- **Caratteristiche reologiche:** autocompattante, secondo i requisiti della norma **UNI 11040:2003**.

Il calcestruzzo autocompattante, dovrà essere caratterizzato da elevatissima omogeneità e fluidità, con assenza di segregazione e messo in opera per effetto della sola forza gravitazionale, senza l'ausilio di alcuna vibrazione meccanica.

Per la qualifica di un calcestruzzo autocompattante, l'Impresa fornitrice dovrà presentare idoneo studio del mix-design con riferimento alle norme qui sotto specificate:

- **UNI 11040:2003**, Calcestruzzo autocompattante, Specifiche, caratteristiche e controlli
- **UNI 11041**, Prova sul calcestruzzo autocompattante fresco, Determinazione dello spandimento e del tempo di spandimento
- **UNI 11042**, Prova sul calcestruzzo autocompattante fresco, Determinazione del tempo di efflusso dall'imbuto
- **UNI 11043**, Prova sul calcestruzzo autocompattante fresco, Determinazione dello scorrimento confinato mediante scatola ad L
- **UNI 11044**, Prova sul calcestruzzo autocompattante fresco, Determinazione dello scorrimento confinato mediante scatola ad U
- **UNI 11045**, Prova sul calcestruzzo autocompattante fresco, Determinazione dello scorrimento confinato mediante anello a J

5.3.2 Prescrizioni per la posa

Al momento del getto si raccomanda che tutte le operazioni di preparazione dei getti siano terminate, in particolare le casseforme, dovranno essere a tenuta ermetica per evitare la fuoriuscita del calcestruzzo. A tale riguardo è bene verificare le casseforme in corrispondenza dei giunti e del piede.

In presenza di casseri chiusi (es. pilastro, pila) la massima altezza di caduta libera

del calcestruzzo autocompattante non deve essere superiore a 2 metri per evitare che venga inglobata troppa aria.

In assenza di cassero chiuso la massima altezza di caduta libera del calcestruzzo autocompattante non deve essere superiore a 5 metri.

Per certi tipi di strutture potrebbe essere consigliabile il pompaggio del calcestruzzo dal basso della cassaforma dopo idonea attrezzatura di aggancio alla pompa. Si deve considerare, in questo caso, che la pressione esercitata alle casseforme può raddoppiare.

La massima distanza di scorrimento laterale non dovrà essere superiore ai 15 metri.

La posa in opera del calcestruzzo dovrà avvenire senza interruzioni di getto e i differenti strati di calcestruzzo saranno gettati in maniera continua prima che lo strato inferiore perda la sua fluidità ed evitare riprese di getto. Per raggiungere tale scopo le autobetoniere non dovranno scaricare il calcestruzzo con tempi superiori ai 15 minuti l'uno dall'altra

La velocità di getto, definita come il rapporto dei metri di innalzamento per ora, sarà adeguata al tipo di configurazione delle casseforme in relazione alle dimensioni e alle condizioni delle gabbie dei ferri.

Impiegare un disarmante di buona qualità per migliorare la finitura superficiale del calcestruzzo.

Metodi ausiliari per la costipazione devono essere evitati.

Per le casseforme si deve tenere presente che:

La pressione del calcestruzzo fresco deve essere ricavata assumendo un andamento idrostatico delle pressioni, pari al prodotto della massa volumica del calcestruzzo per l'altezza prevista del getto.

Qualora si realizzino elementi sottili è necessario predisporre dei punti di sfogo

per l'aria.

La cura e la stagionatura del calcestruzzo autocompattante è simile a quella del calcestruzzo tradizionale. E' buona norma provvedere ad effettuare una stagionatura umida della superficie o proteggerla con agenti stagionanti.

5.4 CONGLOMERATO CEMENTIZIO DRENANTE PER ACQUE SOTTOPAVIMENTAZIONE STRADALE

Il drenaggio delle acque di sottopavimentazione è affidato ad un sistema composito costituito da:

- sottofondo costituito da uno strato di conglomerato cementizio drenante;
- nastri drenanti di geocomposito drenante (tipo Enkadrain 5004 C o prodotto di analoghe caratteristiche prestazionali);
- tubi di captazione laterali (in PVC microfessurati) di recapito alla vasca di raccolta.

Le acque di infiltrazione, potenzialmente provenienti dalla pavimentazione stradale, attraversano lo strato di conglomerato cementizio drenante, sino a giungere sulla soletta strutturale in c.a. I nastri di drenaggio (geocomposito drenante) interposti tra soletta strutturale e calcestruzzo drenante, raccolgono le acque ivi giunte. La particolare disposizione planimetrica dei nastri (a spina di pesce e rivolta in favore del recapito laterale) consente il recapito ai tubi posti ai lati della sede viaria. Questi ultimi condurranno le acque alla vasca di raccolta, quindi all'impianto di sollevamento.

5.4.1 Conglomerato cementizio drenante

Si prevede di confezionare il riempimento di sottopavimentazione stradale con l'impiego di un conglomerato cementizio drenante, costituito da cemento Portland ed aggregati selezionati grossolani con apporto limitato di sabbia.

Gli elementi costituenti indicativi della miscela (kg per m³ di impasto) saranno:

aggregati

- inerti grana grossa, fluviali o da frantumazione, non gelivi, con pezzatura compresa tra 3/4" (apert. 19mm) e vaglio No.4 (apert. 4.75mm) per un peso di 1450÷1500 kg
- sabbia, per cui si prevede un quantitativo massimo, in peso, pari al 10%, per un peso complessivo di 100÷150 kg.

Si precisa che il dosaggio della sabbia sarà rapportato a quello previsto per gli inerti a grana grossa, sino all'ottenimento di complessivi 1600 Kg.

cemento

- si prevede l'impiego di cemento classe 425, per un peso pari a 150÷200 kg

L'apporto dell'acqua all'impasto sarà stabilita in relazione ad un sufficiente grado di lavorabilità ed alla pendenza del piano di posa, potrà oscillare tra 0.25 e 0.40. La classe di lavorabilità prevista è pari S2.

Per quanto riguarda le caratteristiche prestazionali attese, di elencano le resistenze caratteristiche minime richieste:

resistenza a compressione (UNI EN 12390-3:2019)

Si richiede una resistenza cubica caratteristica a 28gg > 10MPa

resistenza a trazione (UNI EN 12390-6:2010)

Da prova brasiliana a 3 gg >0,3 MPa

Da prova brasiliana a 28 gg >1 MPa

Per quanto riguarda le caratteristiche drenanti attese, si forniscono i valori caratteristici minimi da raggiungere:

porosità (void ratio %) 15%÷35%

coefficiente di permeabilità $k \geq 10^{-4} \text{ m/s}$

Verifiche in corso d'opera

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza, si dovranno predisporre n° 6 provini per la verifica di ciascuno dei parametri di resistenza sopra citati dell'impasto indurito ogni 100 mc di calcestruzzo posto in opera o per ogni getto distinto a prescindere dal quantitativo. I provini saranno presi in sito durante il getto stesso, maturati opportunamente per i tempi prescritti e successivamente provati in laboratorio ufficiale. In aggiunta ai suddetti provini si prevede l'acquisizione di n° 3 provini per misure standard di ritiro idraulico (UNI 6555:1973) sul cui esito informare la direzione lavori.

Per quanto riguarda la verifica delle caratteristiche di drenaggio, si prevede di eseguire prove di permeabilità, in laboratorio, effettuate su carote estratte dal calcestruzzo posto in opera ed opportunamente indurito (UNI 6131:2002). Indicativamente si prevede una maturazione di almeno 7 giorni. Si richiede una prova ogni 200 m² di sottofondo posto in opera e comunque ogni qualvolta si modifichino le proprietà e/o i rapporti in peso dei costituenti del mixing. Il foro del carotaggio dovrà essere opportunamente risarcito con malta cementizia.

La prova di permeabilità in laboratorio sarà condotta secondo quanto di seguito specificato:

A. Verifica della permeabilità

La permeabilità del conglomerato indurito sarà verificata in laboratorio su di un provino cilindrico. Le dimensioni del provino saranno indicativamente pari ad un diametro di 3" (76.2mm) e una lunghezza 3". La superficie laterale del provino sarà impermeabilizzata con una guaina in gomma e serrata con fasce metalliche lungo l'intera altezza, in modo da prevenire trafilamenti laterali. La guaina sarà collegata superiormente ad un tubo trasparente graduato in cui sarà immessa l'acqua (vedi fig. 1). L'altezza del tubo, quindi del massimo livello d'acqua da immettere, sarà adeguata al livello di pressione idrostatica cui sarà sottoposta la

pavimentazione. Si ritiene rappresentativo un livello massimo di immissione d'acqua di 30cm.

La determinazione del valore del coefficiente di permeabilità k potrà essere condotta (Das, 1998) con la seguente espressione:

$$k = \frac{a \cdot L}{A \cdot t} \cdot l_n \left(\frac{h_1}{h_2} \right)$$

, con

a : area della sezione del tubo d'acqua da cui effettuano le misure di livello

L = lunghezza del provino

A = superficie filtrante del campione

t = tempo di prova

h_1 = livello dell'acqua iniziale

h_2 = livello dell'acqua al tempo t

B. Verifica della porosità (void ratio (%))

Al termine della prova di permeabilità sarà verificata la porosità, che potrà essere determinata attraverso la seguente espressione (Park and Tia, 2004):

$$\left(1 - \frac{W_2 - W_1}{\rho_w \cdot V} \right) \cdot 100\%$$

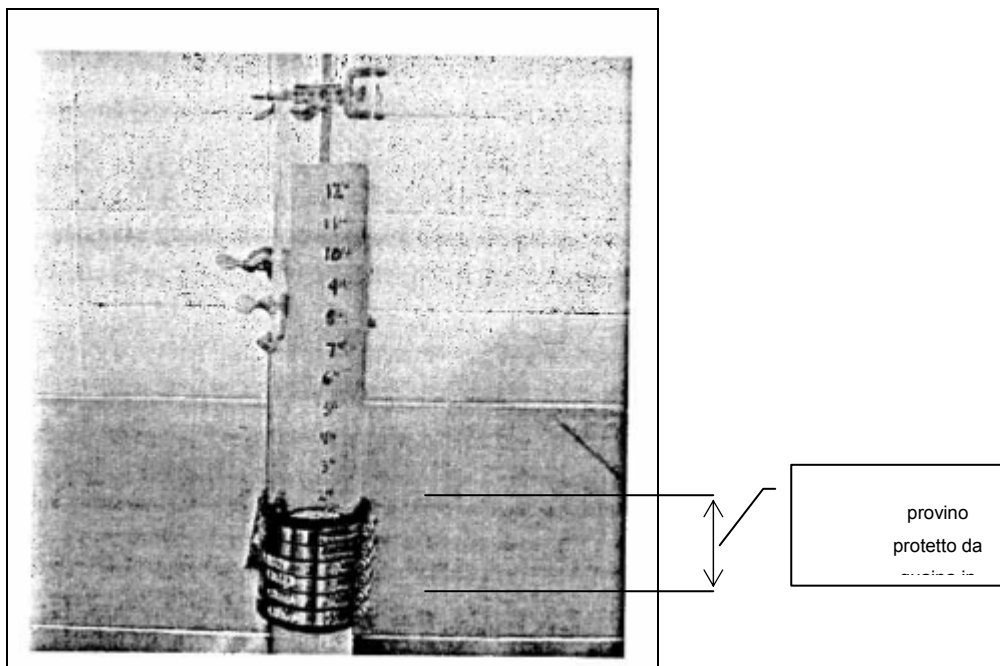
con

W_2 = peso del provino seccato a forno termostatico (110°)

W_1 = peso immerso del provino

ρ_w = densità dell'acqua

V = volume del campione



Permeametro per la misura della permeabilità del campione cilindrico

6 ALTRE MISCELE

Oltre al conglomerato cementizio, si definiscono le seguenti miscele:

- malta: “calcestruzzo con diametro massimo dell’aggregato di 4 mm o minore” secondo la UNI EN 206-1 (§ 6.1); è detto infatti microcalcestruzzo;
- betoncino: termine improprio per definire una malta con diametri dell’aggregato fino a 15 mm; ha le stesse caratteristiche di una malta (a cui si rimanda per le prescrizioni); rispetto ad una malta, il betoncino viene usato per il riempimento di grandi volumi;
- boiaccia: miscela di acqua, cemento ed eventuali additivi, ma senza l’uso di aggregati;
- magrone: “conglomerato cementizio a composizione richiesta” secondo la UNI EN 206-1, con classe di resistenza solitamente Rck 15 (§ 6.2).

Si dovrà porre attenzione alle caratteristiche della miscela proposta dal produttore, tenendo conto che spesso in commercio si trovano prodotti con una nomenclatura differente da quella adottata (ad esempio, la malta può essere definita come una miscela con cemento e sabbia – $D_{max} = 2\text{mm}$ –, il betoncino con cemento, sabbia e ghiaietto – $D_{max} = 25\text{mm}$ –, calcestruzzo altrimenti).

6.1 MALTA E BETONCINO

Nel presente paragrafo si indicherà con malta anche il betoncino, con l’unica differenza già indicata in precedenza relativamente alla dimensione degli aggregati.

6.1.1 *Requisiti dei materiali*

Gli aggregati per il confezionamento delle malte dovranno essere conformi alla UNI EN 12518. Il cemento, l’acqua e gli additivi dovranno rispettare gli stessi requisiti di cui ai § 2.1.2, § 2.1.4 e § 2.1.6 per le opere in cemento armato.

Solitamente si utilizza una malta a ritiro compensato, ottenuta attraverso l'uso di additivi atti a provocare attraverso controllate reazioni chimiche l'espansione della malta.

Schede Tecniche dei prodotti che l'Appaltatore intende utilizzare dovranno essere inviate per informazione alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori stessi.

Solitamente si utilizzano malte a base di cemento ("malte cementizie"), fornite in confezioni sotto forma di miscela secca che viene impastata con un quantitativo prefissato di acqua. Si dovrà fare riferimento alla UNI EN 459 e alla legge n° 595 del 26/05/1965 per la classificazione e l'utilizzo di calce da costruzione, utilizzate come leganti (invece del cemento) per la preparazione di malte (da muratura e per intonaci interni ed esterni) e per la produzione di altri prodotti da costruzione.

Riguardo ai requisiti per le malte, la Direzione Lavori potrà, a sua discrezione, richiedere prove aggiuntive per determinare i requisiti ritenuti necessari per l'uso della malta stessa.

Il dosaggio dei materiali e dei leganti verrà effettuato con mezzi meccanici suscettibili di esatta misurazione e controllo che l'Appaltatore dovrà fornire e mantenere efficienti a sua cura e spese.

Gli impasti verranno preparati solamente nelle quantità necessarie per l'impiego immediato; gli impasti residui che non avessero immediato impiego saranno portati a rifiuto.

6.1.2 Posa in opera

Si dovrà eseguire il getto di malta e betoncino nel rispetto delle indicazioni date dal Fornitore.

Ove necessario, si dovrà:

- rimuovere dalla superficie di fondazione il calcestruzzo deteriorato o l'eventuale lattime di boiacca, ed irruvidire la superficie;

- eliminare l'olio, grasso, detriti e polvere dalla fondazione, dai pozzetti di ancoraggio, dai bulloni e dalla piastra di appoggio;
- le armature esposte dovranno essere pulite;
- verificare, osservando la superficie dell'acqua in un recipiente posto sulla piastra della struttura da ancorare, che le vibrazioni generate da eventuali macchine operanti nelle vicinanze non siano trasmesse alla fondazione della struttura che si sta ancorando; qualora ciò si verifichi, è necessario arrestare queste macchine finché non sia terminata la presa ed iniziato l'indurimento;
- eseguire il getto con continuità senza alcuna interruzione ed evitando di smuovere eccessivamente o di vibrare il betoncino o la malta sotto la piastra;
- durante l'esecuzione del getto, la temperatura del substrato non deve essere inferiore a +5°C;
- tutte le parti esposte all'aria debbono essere immediatamente protette dall'evaporazione e stagionate per almeno 24 ore mediante bagnatura e/o teli umidi o mediante applicazione a spruzzo di uno stagionante.

6.1.3 Utilizzo

Le malte (o betoncini) potranno essere usati per:

- muratura (§ 6.1.3.1);
- intonaco (§ 6.1.3.2);
- espansiva di livellamento e riempimento (§ 6.1.3.3);
- espansiva per ancoraggi (§ 6.1.3.4);
- rivestimenti e finiture.

6.1.3.1 MALTA PER MURATURA

Si dovrà fare riferimento alla UNI EN 998-2, relativa a malte per murature, per quanto riguarda:

- la classificazione in base al § 3 della norma stessa;
- la composizione dell'impasto, nelle proporzioni indicate dal Fornitore e comunicate alla Direzione Lavori per approvazione;
- i requisiti delle malte definiti al § 5 della norma stessa, che dovranno essere specificati per ottenere l'approvazione dalla Direzione Lavori.

Di norma, le malte per muratura di mattoni saranno dosate con kg 400 di cemento per mc di sabbia e passate al setaccio ad evitare che i giunti tra mattoni siano troppo ampi; le malte per muratura di pietrame saranno dosate con kg 350 di cemento per mc di sabbia; quelle per intonaci con kg 400 di cemento per mc di sabbia e così pure quelle per la stuccatura dei paramenti delle murature.

6.1.3.2 MALTA PER INTONACO

Si dovrà fare riferimento alla UNI EN 998-1, relativa a malte per intonaco esterno ed interno, per quanto riguarda:

- la classificazione in base al § 3 della norma stessa;
- la composizione dell'impasto, nelle proporzioni indicate dal Fornitore e comunicate alla Direzione Lavori per approvazione;
- i requisiti delle malte definiti al § 5 della norma stessa, che dovranno essere specificati per ottenere l'approvazione dalla Direzione Lavori.

6.1.3.3 MALTA ESPANSIVA DI LIVELLAMENTO E RIEMPIMENTO

Sono malte utilizzate per la formazione di piani di appoggio, livellamenti, riempimento di cavità o di giunti, collegamenti rigidi tra elementi di calcestruzzo.

Le dimensioni degli inerti (sabbia) saranno di norma tra 0.8 e 2.0 mm. La quantità di acqua sarà quella necessaria per ottenere una malta plastica idonea a riempire perfettamente gli spazi.

Prima di effettuare la posa in opera della malta di livellamento, le superfici dovranno essere accuratamente pulite.

6.1.3.4 MALTA ESPANSIVA PER ANCORAGGI

Le malte espansive per ancoraggi dovranno essere conformi alle norme UNI dalla 8993 alla 8998.

Tali malte potranno essere usate per l'ancoraggio di zanche, barre e tirafondi, macchinari o strutture metalliche nel calcestruzzo.

6.2 BOIACCA

Vale quanto riportato al § 6.1 per le malte.

Le boiacche possono essere utilizzate per:

- iniezioni nei cavi di precompressione (§ 6.2.1) ed in generale per l'ancoraggio di barre o tiranti in fori orizzontali od inclinati, mediante iniezione in piccoli volumi;
- riempimenti di cavità, fessure, porosità su murature o roccia;
- iniezioni in murature.

6.2.1 Boiacca per iniezioni nei cavi di precompressione

Nelle strutture in cemento armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, è necessario che le guaine vengano iniettate con pasta di cemento fluida, a ritiro compensato e con adeguata resistenza meccanica.

6.2.1.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si dovranno rispettare tutte le indicazioni riportate al § 4 della UNI EN 447.

Per l'impasto, è richiesto l'impiego di acqua con caratteristiche di cui al § 2.1.4.

Non sono ammessi aggregati.

E' preferibile l'impiego di cemento tipo 32,5 (usando il 42,5 solo per gli impieghi

in inverno).

La boiaccia non dovrà contenere cloruri, polvere di alluminio, coke o altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas aggressivi.

6.2.1.2 CARATTERISTICHE DELLA BOIACCA

Si dovranno rispettare tutte le indicazioni riportate dalla norma UNI EN 447, ed in aggiunta:

- il ritiro dovrà essere assente; l'espansione, misurata su una serie di provini prismatici aventi dimensioni standard e maturati in acqua, dovrà essere di almeno 400 micron/metro a due giorni;
- il tempo di inizio presa, a 20°C e ad umidità relativa del 75%, dovrà essere superiore a tre ore, mentre il tempo di fine presa dovrà essere inferiore a 24 ore. Tale tempo di inizio presa va misurato secondo la norma UNI ENV 196-3.

I metodi di prova dovranno essere conformi alla UNI EN 445.

6.2.1.3 OPERAZIONI DI INIEZIONE

Si dovranno rispettare le indicazioni riportate al § 4.1.8.3 ed al § 4.1.6.1.3 del D.M. 17/01/2018 e nella UNI EN 446, ed in aggiunta:

- prima di essere immessa nella pompa la miscela dovrà essere vagliata con setaccio a maglia di mm 2 di lato.
- è tassativamente prescritta la disposizione di tubi di sfiato in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette ed i cavi terminali. Egualmente dovranno essere predisposti tubi di sfiato nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello.
- nella fase di pulizia dei cavi, qualora dovesse essere necessario un lavaggio per rimuovere eventuali olii protettivi od altro, al termine si dovrà eseguire

una accurata soffiatura con aria compressa per rimuovere eventuali residui di acqua;

- l'iniezione dovrà avere carattere di continuità e non potrà venire assolutamente interrotta; in caso di interruzioni dovute a causa di forza maggiore e superiori a 5 min, il cavo verrà lavato e l'iniezione andrà ripresa dall'inizio;
- la fluidità della boiaccia di iniezione dovrà essere misurata per ogni impasto all'entrata delle guaine e per ogni guaina all'uscita: l'iniezione dovrà essere proseguita finché la fluidità della boiaccia in uscita sarà paragonabile a quella in entrata (± 3 secondo sul tempo di scolo del cono di Marsh modificato, purché non si scenda al di sotto dei 15 secondi). Si dovrà inoltre provvedere con appositi contenitori affinché la boiaccia di sfrido non venga scaricata senza alcun controllo sull'opera o attorno ad essa.
- la fluidità della boiaccia di iniezione dovrà essere misurata per ogni impasto all'entrata delle guaine e per ogni guaina all'uscita; l'iniezione continuerà finché la fluidità della boiaccia in uscita sarà paragonabile a quella in entrata. Si dovrà provvedere con appositi contenitori affinché la boiaccia di sfrido non venga scaricata senza alcun controllo sull'opera o attorno ad essa. Una più accurata pulizia delle guaine ridurrà l'entità di questi sfridi.

6.2.1.4 CONDOTTI

Si dovranno rispettare tutte le indicazioni riportate al § 4.1.8.3 del D.M. 17/01/2018.

6.2.1.5 CONDIZIONI PER L'INIEZIONE

Si dovranno rispettare tutte le indicazioni riportate dalla norma UNI EN 446.

6.2.1.6 CONTROLLI SUL LAVORO FINITO

Saranno eseguite prove di tipo endoscopico almeno sul 20% dei cavi di precompressione, in almeno 3 punti per ogni cavo (estremità e mezzeria nel caso

di travi appoggiate) e comunque in relazione all'andamento del tracciato.

In caso di esito negativo delle suddette prove le medesime potranno essere aumentate ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori.

Si dovranno rispettare tutte le indicazioni riportate al § 8 della UNI EN 446.

6.3 MAGRONE

Il magrone è un "conglomerato cementizio a composizione richiesta" secondo la UNI EN 206-1; esso viene usato per spianamenti, sottofondazioni, riempimenti, ecc.

Prima di effettuare qualsiasi getto di calcestruzzo di fondazione, dovrà essere predisposto sul fondo dello scavo, dopo aver eseguito la pulizia ed il costipamento dello stesso, uno strato di calcestruzzo magro avente la funzione di piano di appoggio livellato e di cuscinetto isolante contro l'azione aggressiva del terreno.

Lo spessore dello strato sarà desunto dai documenti di progetto.

Prima dell'inizio dei lavori, l'Appaltatore è tenuto a presentare alla Direzione Lavori il progetto della miscela (mix design) del magrone di fondazione la cui composizione dovrà essere mantenuta costante durante l'esecuzione delle opere.

Il magrone dovrà avere una resistenza media $R_m > 15 \text{ N/mm}^2$.

Il calcestruzzo dovrà essere confezionato con componenti qualificati.

Il cemento dovrà essere di tipo III o IV di classe 32.5. Il dosaggio minimo di cemento sarà di 200 Kg/mc con un rapporto $a/c \leq 0,7$.

In corso d'opera si eseguiranno prove di controllo a compressione su due cubetti, aventi lato 15 cm, per la determinazione, presso un laboratorio qualificato, della (R_m) resistenza media a compressione a 28 giorni. La frequenza delle prove sarà di una ogni 500 mc di magrone prodotto da ciascun impianto di betonaggio.

7 PRESCRIZIONI PER OPERE PARTICOLARI

7.1 OPERE FERROVIARIE

Nella categoria delle opere ferroviarie rientrano tutte quelle strutture che attraversano una linea ferroviaria, e quindi anche cavalcaferrovia e sottopassi stradali, e più in generale qualunque struttura che risente dell'influsso dei carichi ferroviari o che viene trattata dalle Istruzioni ferroviarie.

Con riferimento al §3 delle Istruzioni “Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari”, l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio (anche se non direttamente riguardanti ponti ferroviari) dovrà rispettare tutte le disposizioni relative alla costruzione delle opere stesse (materiali, modalità di montaggio ed esecuzione, posa in opera...), disposizioni contenute nelle Specifiche Tecniche emesse da FS, laddove non sia in contrasto con il DM 14/01/2008.

7.2 BLOCCHI PREFABBRICATI PER VIBRO-COMPRESSIONE

Tali blocchi dovranno essere confezionati con inerti di buona qualità e dosaggi non inferiori a 200 kg di cemento, di tipo IV 42.5 o 42.5R, per metro cubo di impasto.

La resistenza a rottura degli elementi dovrà essere di 8 MPa.

La superficie delle costole dovrà essere almeno pari nel caso di strutture non portanti al 40%, nel caso di strutture portanti al 65% della superficie apparente del piano di posa del blocco.



7.3 TUBAZIONI IN CEMENTO ARMATO

Si dovrà rispettare:

- UNI EN 639 - Prescrizioni comuni per tubi in pressione di calcestruzzo, inclusi giunti e pezzi speciali.
- UNI EN 640 - Tubi in pressione di calcestruzzo armato e tubi in pressione di calcestruzzo con armatura diffusa (del tipo senza cilindro), inclusi giunti e pezzi speciali.
- UNI EN 641 - Tubi in pressione di calcestruzzo armato del tipo con cilindro, inclusi giunti e pezzi speciali.
- UNI EN 642 - Tubi in pressione di calcestruzzo precompresso con cilindro o senza cilindro, inclusi giunti e pezzi speciali, e prescrizioni specifiche per l'acciaio di precompressione dei tubi.

8 TABELLE

Nel seguito si riportano due tabelle che definiscono i requisiti di base dei materiali (Tabella 2) e del calcestruzzo (Tabella 3), riportando:

- il requisito o la caratteristica in esame;
- la norma di riferimento per la determinazione di tale caratteristica;
- le prescrizioni definite dalla normativa e dal presente Capitolato;
- la necessità di controllare tale requisito o meno (nella colonna “Da controllare”);
- la frequenza delle eventuali prove.

Per l'utilizzo di tali tabelle, comunque non esaustive, si rimanda a quanto specificato nel § 2 (con particolare attenzione ai § 2.2.1 e § 2.4).

Alle prove elencate in tabella, si aggiungono i controlli sulle modalità esecutive (§ 2.3).

Materiale	Progressiva	Caratteristica	Norma di riferimento	Prescrizioni da norma	Prescrizioni da Capitolato	Da controllare	Frequenza da normativa	Frequenza prescritta nel Capitolato
Cemento	1a	Resistenza a compressione (normalizzata ed iniziale)	UNI EN 196-1	UNI EN 197-1	§ 2.1.2 e § 2.2.2	No ⁽¹⁾	/	/
	1b	Tempo di presa	UNI EN 196-3					
	1c	Prova di stabilità	UNI EN 196-3					
	1d	Perdita al fuoco	UNI EN 196-2					
	1e	Residuo insolubile	UNI EN 196-2					
	1f	Solfati	UNI EN 196-2					
	1g	Cloruri	UNI EN 196-21					
	1h	Pozzolanicità	UNI EN 196-5					

Materiale	Progressiva	Caratteristica	Norma di riferimento	Prescrizioni da norma	Prescrizioni da Capitolato	Da controllare	Frequenza da normativa	Frequenza prescritta nel Capitolato
	1j	Resistenza ai solfati	UNI 9156	/	/	No ⁽¹⁾	/	/
	1k	Resistenza alle acque dilavanti	UNI 9606	/	/	No ⁽¹⁾	/	/
Aggregati	2a	“Caratteristiche fondamentali” di cui al prospetto 1 della UNI 8520-2	UNI EN 8520-2		§ 2.1.3 e § 2.2.3	Si	Si	(2)
	2b	“Caratteristiche aggiuntive” di cui al prospetto 1 della UNI 8520-2				No ⁽¹⁾	/	/

Materiale	Progressiva	Caratteristica	Norma di riferimento	Prescrizioni da norma	Prescrizioni da Capitolato	Da controllare	Frequenza da normativa	Frequenza prescritta nel Capitolato
	2c	Contenuto d'acqua degli aggregati (coincidente con l' "Assorbimento superficiale" del gruppo 2a)	UNI EN 1097-6	/	§ 2.2.7 e § 2.3.3	Si	Mensile o più frequente secondo le condizioni locali e del clima (§ 2.3.3.2)	Ogni 1000 mc
	2d	Altre prove definite al § 2.2.3				No ⁽¹⁾	/	/
Acqua di impasto	3a	Valutazione preliminare	Norme elencate nella UNIEN1008	UNIEN1008	§ 2.1.4	Si	(3)	Mensile se l'acqua proviene da pozzo o se non potabile.
	3b	Prove chimiche (5)				Si		
	3c	Tempo di presa e resistenza				Si		
Aggiunte	4	§ 2.1.5e § 2.2.4				Si	(3)	/

Materiale	Progressiva	Caratteristica	Norma di riferimento	Prescrizioni da norma	Prescrizioni da Capitolato	Da controllare	Frequenza da normativa	Frequenza prescritta nel Capitolato
Additivi	5	§ 2.1.6 e § 2.2.5				Si	(3)	/
Acciaio	6a	Caratteristiche meccaniche e prova di aderenza di cui al § 11.3.2 del D.M. 17/01/2018	D.M. 17/01/2018	§ 2.1.7	Si	Secondo D.M. 17/01/2018	(4)	
	6b	Controllo del peso - sezione		§ 2.3.6.1	Si	/	§ 2.3.6.1	
Disarmanti	7	§ 2.1.8				Si	/	/
Antievaporanti	8	§ 2.1.9				Si	/	/

Materiale	Progressiva	Caratteristica	Norma di riferimento	Prescrizioni da norma	Prescrizioni da Capitolato	Da controllare	Frequenza da normativa	Frequenza prescritta nel Capitolato
<p>⁽¹⁾ Prova da effettuarsi a discrezione della Direzione Lavori.</p> <p>⁽²⁾ Per le prove delle “Caratteristiche fondamentali” la frequenza minima sarà (ad eccezione dell’ assorbimento superficiale, per il quale si veda 2c):</p> <ul style="list-style-type: none"> - la curva granulometrica dovrà risultare costantemente compresa nel fuso granulometrico definito in fase di qualifica; la granulometria, la percentuale pasante allo staccio 0.063 e il contenuto di sostanza humica dovranno essere controllate almeno ogni 1.000 m³ di aggregati impiegati o ogni due mesi; - l’equivalente in sabbia, il valore di blu metilene, il contenuto di solfati solubili in acido e contenuto di cloruri solubili in acqua dovranno essere controllate almeno ogni 3.000 m³ di aggregati impiegati o ogni almeno ogni sei mesi; - tutte le altre prove, comunque per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo cava, una volta all’anno o ogni 6.000 m³ di aggregati impiegati. <p>⁽³⁾ In caso di dubbio; periodicamente, secondo le condizioni locali o di consegna (prospetto 22 della UNI EN 206-1).</p> <p>⁽⁴⁾ I controlli in cantiere sulle armature dovranno rispettare le prescrizioni riportate al D.M. 17/01/2018 ed al § G.1 della Circ. Ministeriale n° 252 del 15/10/1996. L'unità di collaudo è costituita dalla partita di 25 t massimo; ogni partita, anche se minore di 25t, deve essere considerata unità di collaudo indipendente.</p> <p>⁽⁵⁾ Le prove sulle proprietà chimiche da effettuare sono: Contenuto di cloruri, Solfati ed Alkali; la Direzione Lavori indicherà se necessario quelle sulle sostanze dannose.</p>								

Tabella 2: Caratteristiche dei materiali da considerare durante l’esecuzione dell’opera.

Gruppo	Progressiva	Caratteristica	Norma di riferimento	Prescrizioni da norma	Prescrizioni da Capitolato	Da controllare	Frequenza da normativa	Frequenza prescritta nel Capitolato
Calcestruzzo fresco secondo § 5.4 della UNI EN 206-1	1	Ispezione visiva della consistenza	Confronto tra l'aspetto del calcestruzzo oggetto d'esame e quello di un calcestruzzo di consistenza specificata	/	/	Si	Ogni impasto; ogni carico, nel caso di consegna su mezzo.	/
		Consistenza ⁽²⁾	UNI EN 12350	UNI EN 206-1 (§ 5.4.1)	§ 2.2.6, § 2.2.8.2		Come da prospetto 13 della UNI EN 206-1; quando si controlla il contenuto di aria.	1 determinazione al giorno
	2	Dmax ⁽³⁾	UNI EN 933-1	UNI EN 206-1 (§ 5.4.4)	§ 2.2.3	Si	Vedi materiali	
	3	Granulometria ⁽³⁾	UNI EN 933-1	§ 2.2.3, § 2.1.3		Si		

Gruppo	Progressiva	Caratteristica	Norma di riferimento	Prescrizioni da norma	Prescrizioni da Capitolato	Da controllare	Frequenza da normativa	Frequenza prescritta nel Capitolato
	4	Quantità di cemento e d'acqua	UNI EN 206-1	UNI EN 206-1 (§ 5.4.2)	§ 2.2.6, § 2.2.7, § 2.2.8	Si	1 determinazione al giorno	/
	5	Rapporto a/c	UNI EN 206-1	UNI EN 206-1 (§ 5.4.2)	§ 2.2.6, § 2.2.7, § 2.2.8	Si		
	6	Contenuto d'aria	UNI EN 12350-7	UNI EN 206-1 (§ 5.4.3)	§ 2.2.8	Si	Nel calcestruzzo aerato, 1 campione per ogni giorno a regime.	Ogni 5.000 m ³
	7	Massa volumica	Uni EN 12350-6	/	/	Si	Come da prospetto 13 della UNI EN 206-1.	/

Gruppo	Progressiva	Caratteristica	Norma di riferimento	Prescrizioni da norma	Prescrizioni da Capitolato	Da controllare	Frequenza da normativa	Frequenza prescritta nel Capitolato
Calcestruzzo indurito secondo § 5.5 della UNI EN 206-1	8	Resistenza a compressione e a trazione indiretta	D.M.14/01/2008 UNIEN12390-3 UNIEN12390-6	UNI EN 206-1 (§ 5.5.1)	§ 2.2.6, § 2.2.8	Si	Secondo D.M. 17/01/2018	Ogni 100 m3 e ogni giorno di getto, secondo quanto indicato dalla norma e § 2.4.2.3.
	9	Massa volumica	UNIEN12390-7	UNI EN 206-1 (§5.5.2)	/	Si	Con la stessa frequenza delle prove di compressione	Ogni 5.000 m3
	10	Resistenza alla penetrazione dell'acqua	UNI 7699 ISO 7031	UNI EN 206-1 (§5.5.3)	/	Si	/	Ogni 2.500 mc (7)
	11	Resistenza al fuoco	UNI EN 206-1 (§ 5.5.4)		/	Si	/	/
Altre prove	12	Contenuto di cloruri	UNI EN 206-1 (§ 5.2.7) ⁽⁶⁾		§ 2.2.8	Si	(6)	/

Gruppo	Progressiva	Caratteristica	Norma di riferimento	Prescrizioni da norma	Prescrizioni da Capitolato	Da controllare	Frequenza da normativa	Frequenza prescritta nel Capitolato
	13	Temperatura	/	UNI EN 206-1 (§ 5.2.8)	§ 2.2.10	Si	Ogni 300 mc; ad ogni impasto quando la temperatura è vicina al limite	/
	14	Acqua essudata	UNI 7122	/	§ 2.2.9	Si	/	Ogni 5.000 m3
	15	Omogeneità	/	/	§ 2.2.11	Si	/	Per ogni betoniera.
	16	Inizio e fine presa	UNI 7123	/	/	No ⁽¹⁾	/	/
	17	Resistenza ai solfati	UNI 8981-2	/	/	No ⁽¹⁾	/	/
	18	Resistenza alle acque dilavanti	UNI 8981-3	/	/	No ⁽¹⁾	/	/
	19	Reazione alcali-silice	UNI 8981-8 ⁽⁵⁾	/	/	No ⁽¹⁾	/	/

Gruppo	Progressiva	Caratteristica	Norma di riferimento	Prescrizioni da norma	Prescrizioni da Capitolato	Da controllare	Frequenza da normativa	Frequenza prescritta nel Capitolato
	20	Resistenza al gelo-disgelo	§ 2.2.8.1			No ⁽¹⁾	/	Consigliata: ogni 10.000 m3 con il minimo di una prova per ogni elemento significativo esposto al gelo
	21	Resistenza all'acqua di mare	UNI 8981-6	/	/	No ⁽¹⁾	/	/
	22	Ritiro idraulico	UNI 11307	/	/	No ⁽¹⁾	/	/
	23	Modulo elastico secante a compressione	UNI 6556	/	/	No ⁽¹⁾	/	/
	24	Resistenza a flessione	UNI 12390-5	/	/	No ⁽¹⁾	/	/

Gruppo	Progressiva	Caratteristica	Norma di riferimento	Prescrizioni da norma	Prescrizioni da Capitolato	Da controllare	Frequenza da normativa	Frequenza prescritta nel Capitolato
	25	Resistenza a trazione indiretta	UNI EN 206-1	/	/	No ⁽¹⁾	/	/
<p>⁽¹⁾ Prova da effettuarsi a discrezione della Direzione Lavori.</p> <p>⁽²⁾ La consistenza viene di solito determinata in base all'abbassamento del cono (Slump) secondo UNI EN 12350-2.</p> <p>⁽³⁾ Più propriamente è una caratteristica degli aggregati.</p> <p>⁽⁴⁾ La Direzione Lavori sceglierà la classe di contenuto in cloruri in presenza di armatura metallica.</p> <p>⁽⁵⁾ La UNI 8981-8 fa ancora riferimento alle classi di esposizione della UNI 9858 per determinare il livello di protezione: in sostituzione del prospetto 2 della UNI 8981-8 si riporta il seguente elenco: livello A (opere provvisorie, elementi sostituibili); livello B (opere normali); livello C (opere eccezionali, monumentali, strategiche:)</p> <p>⁽⁶⁾ La determinazione deve essere effettuata per ogni composizione del calcestruzzo e deve essere ripetuta nel caso di incremento del contenuto di cloruri di uno qualsiasi dei componenti.</p> <p>⁽⁷⁾ Per opere sottofalda si dovrà eseguire un prelievo per ogni 300 mc di getto, con una prova per ogni getto differente (es. interruzione, fondo, muri, volta, ecc.)</p>								

Tabella 3: Caratteristiche del calcestruzzo da considerare durante l'esecuzione dell'opera.