

# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

### EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)

SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)

COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)

SACYR S.A.U. (MANDANTE)

ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)

A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

<p><b>IL PROGETTISTA</b></p> <p>Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p> 	<p><b>IL CONTRAENTE GENERALE</b></p> <p>Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p><b>STRETTO DI MESSINA</b> Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p><b>STRETTO DI MESSINA</b> Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
---	---	--	--

<p><i>Unità Funzionale</i> GENERALE</p> <p><i>Tipo di sistema</i> TECNICO</p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i> DOCUMENTAZIONE TECNICO-ECONOMICA</p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> OPERA D'ATTRAVERSAMENTO</p> <p><i>Titolo del documento</i> CAPITOLATI TECNICI PER COSTRUZIONE – SOTTOSTRUTTURE</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">PG0306_F0</div>
---	--

CODICE	C	G	0	0	0	0	P	K	T	C	G	T	C	T	8	G	0	0	0	0	0	0	0	1	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	CABELLO	FARINA	PAGANI



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

INDICE .....	i
Sottostrutture .....	1
1 Prescrizioni e Aspetti generali .....	1
1.1 Applicazione ed osservanza delle Specifiche, delle Normative e di altre regole.....	1
1.2 Oneri compresi nel Contratto .....	2
1.3 Scopo delle presenti specifiche .....	2
1.4 Sviluppo dei Capitolati Tecnici di Contratto.....	3
1.5 Sistema Qualità .....	4
1.6 Requisiti Generali di rintracciabilità .....	4
1.7 Applicabilità di altre specifiche .....	5
1.8 Ruolo della Direzione Lavori .....	5
2 Opere preliminari e movimenti dei terreni.....	5
2.1 Bonifica ordigni bellici .....	5
2.2 Sondaggi e tracciati .....	5
2.3 Scavi .....	5
2.4 Demolizioni e rimozioni.....	5
2.5 Rilevati .....	6
3 Opere geotecniche .....	6
3.1 Diaframmi.....	6
3.1.1 Condizioni d'impiego.....	6
3.1.2 Prestazioni richieste per i diaframmi di fondazione .....	7
3.1.3 Prove di accettazione per i diaframmi di fondazione .....	7
3.1.4 Diaframmi con funzioni di sostegno .....	8
3.2 Trattamenti colonnari (jet-grouting).....	9
3.2.1 Applicazioni .....	10
3.2.2 Campi prova .....	10
3.2.3 Controlli .....	11
3.3 Dreni.....	13
3.4 Tiranti di ancoraggio nei terreni .....	13
3.4.1 Condizioni d'impiego.....	13
3.4.2 Requisiti e controlli.....	13

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3.4.3	Prove propedeutiche alla progettazione definitiva .....	14
4	Opere in c.a. e in c.a.p. – Requisiti specifici per l’Opera di attraversamento .....	16
4.1	Oggetto e campo di applicazione.....	16
4.1.1	Oggetto.....	16
4.1.2	Campo di applicazione.....	16
4.1.3	Normativa di riferimento.....	16
4.1.3.1	Definizioni .....	17
4.1.3.2	Riferimenti normativi per il confezionamento, posa in opera, getto e stagionatura del calcestruzzo.....	18
4.1.3.3	Riferimenti normativi per gli acciai di armatura per c.a. ....	21
4.1.3.4	Riferimenti normativi per i materiali delle opere in cemento armato precompresso .....	22
4.1.4	Terminologia.....	23
4.1.4.1	Terminologia specifica per le opere in cemento armato .....	23
4.2	Acciai per cemento armato .....	25
4.2.1	Terminologia.....	25
4.2.2	Materiali .....	25
4.2.2.1	Armature per cemento armato .....	25
4.2.2.2	Armature in acciaio inossidabile.....	26
4.2.2.3	Rivestimenti epossidici per armature.....	26
4.2.2.4	Zincatura per armature.....	27
4.2.2.5	Manicotti .....	27
4.2.2.6	Distanziatori per copriferro .....	27
4.2.2.7	Barre di supporto, altri tipi di supporto e distanziatori .....	28
4.2.2.8	Fili metallici per legature .....	28
4.2.2.9	Dispositivi di legatura e graffette .....	28
4.2.3	Documentazione da presentare .....	29
4.2.3.1	Particolari di rivestimenti epossidici per armature.....	29
4.2.3.2	Particolari di rivestimenti zincati per l’armatura .....	29
4.2.3.3	Particolari di manicotti.....	30
4.2.3.4	Tabelle dei tagli e delle piegature delle barre .....	30
4.2.3.5	Campioni dei materiali .....	30
4.2.4	Movimentazione e stoccaggio dei materiali.....	31

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.2.4.1	Movimentazione dell'armatura .....	31
4.2.4.2	Stoccaggio dell'armatura.....	31
4.2.5	Taglio e piegatura dell'armatura.....	31
4.2.6	Condizione della superficie dell'armatura.....	32
4.2.6.1	Lavori di riparazione su rivestimenti epossidici e rivestimenti zincati.....	32
4.2.7	Posa in opera dell'armatura .....	33
4.2.7.1	Posa in opera dei manicotti.....	34
4.2.7.2	Saldatura dell'armatura .....	34
4.2.7.3	Armatura d'attesa.....	34
4.2.7.4	Accesso all'armatura.....	34
4.2.8	Tolleranze per le armature .....	34
4.2.9	Preparazione delle armature prima del getto del calcestruzzo .....	35
4.2.10	Ispezione dell'armatura.....	35
4.2.11	Controlli sulle armature .....	36
4.2.11.1	Prove di aderenza delle barre .....	37
4.2.11.2	Criteri di conformità: rivestimenti epossidici per armature .....	37
4.2.11.3	Criteri di conformità: connettori meccanici per giunti di trazione .....	37
4.2.11.4	Criteri di accettazione relativi a spessore, aderenza e continuità dei rivestimenti epossidici .....	38
4.2.11.5	Criteri di accettazione relativi a peso e uniformità dei rivestimenti zincati.....	38
4.2.11.6	Criteri di accettazione relativi al cedimento dei manicotti.....	39
4.2.12	Giunzioni.....	39
4.2.12.1	Giunzioni mediante saldatura.....	39
4.2.12.2	Giunzioni con manicotto filettato .....	45
4.2.13	Ancoraggi su calcestruzzo .....	46
4.3	Opere in cemento armato .....	50
4.3.1	Generalità .....	50
4.3.1.1	Classificazione di calcestruzzi a composizione richiesta .....	50
4.3.2	Terminologia.....	50
4.3.3	Materiali .....	51
4.3.3.1	Cemento .....	51
4.3.3.2	Aggregati .....	52
4.3.3.3	Acqua d'impasto .....	52

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.3.3.4	Additivi .....	52
4.3.3.5	Inibitore di corrosione.....	53
4.3.3.6	Agenti stagionanti .....	53
4.3.3.7	Provenienza dei materiali.....	54
4.3.4	Calcestruzzo .....	54
4.3.4.1	Composizione del calcestruzzo.....	54
4.3.4.2	Contenuto di cloruro del calcestruzzo .....	55
4.3.4.3	Contenuto di solfati del calcestruzzo fresco .....	55
4.3.4.4	Contenuto cementizio per la composizione del calcestruzzo.....	55
4.3.5	Progettazione della miscela di calcestruzzo – Durabilità .....	55
4.3.5.1	Requisiti generali .....	55
4.3.5.2	Criteri di conformità.....	57
4.3.5.3	Verifica e conformità .....	57
4.3.6	Documentazione da presentare .....	58
4.3.6.1	Particolari dei materiali per il calcestruzzo .....	58
4.3.6.2	Proprietà relative alla composizione del calcestruzzo di progetto.....	61
4.3.6.3	Dettagli relativi alla prova di reazione alcali-inerti.....	62
4.3.6.4	Dettagli relativi al fornitore di calcestruzzo preconfezionato .....	62
4.3.6.5	Caratteristiche dell’impianto di betonaggio di cantiere.....	62
4.3.6.6	Dettagli relativi a elementi in calcestruzzo prefabbricati .....	63
4.3.6.7	Dettagli relativi ai giunti di ripresa.....	63
4.3.7	Controllo della conformità, criteri di conformità e controllo della produzione del calcestruzzo .....	63
4.3.7.1	Composizione del calcestruzzo di prova .....	64
4.3.7.2	Prove dell’impianto di betonaggio .....	64
4.3.7.3	Miscela di calcestruzzo di prova in laboratorio .....	65
4.3.7.4	Criteri di conformità: prove dell’impianto di betonaggio .....	65
4.3.7.5	Criteri di conformità: miscela di calcestruzzo di prova in laboratorio.....	66
4.3.7.6	Non conformità: miscela di calcestruzzo di prova.....	66
4.3.7.7	Miscela di calcestruzzo approvata dalla Direzione Lavori.....	67
4.3.7.8	Inizio della posa in opera del calcestruzzo .....	67
4.3.7.9	Varianti di materiali e modalità esecutive .....	67
4.3.8	Gestione e stoccaggio dei materiali .....	67

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.3.8.1	Stoccaggio di cemento e relativi materiali costituenti .....	67
4.3.8.2	Gestione e stoccaggio degli inerti .....	68
4.3.8.3	Gestione e stoccaggio degli additivi e degli agenti stagionanti .....	68
4.3.8.4	Gestione e stoccaggio di elementi prefabbricati .....	68
4.3.9	Dosaggio e mescolamento del calcestruzzo .....	69
4.3.9.1	Dosaggio del calcestruzzo .....	69
4.3.9.2	Miscelazione del calcestruzzo.....	69
4.3.10	Trasporto del calcestruzzo .....	69
4.3.11	Documentazione relativa al calcestruzzo .....	69
4.3.12	Posa in opera e compattazione del calcestruzzo .....	69
4.3.12.1	Posa in opera del calcestruzzo .....	69
4.3.12.2	Posa in opera del calcestruzzo a mezzo di pompa.....	70
4.3.12.3	Posa in opera del calcestruzzo a mezzo di tubazione a tramoggia .....	70
4.3.12.4	Compattazione del calcestruzzo .....	71
4.3.13	Giunti di ripresa.....	71
4.3.14	Stagionatura del calcestruzzo .....	72
4.3.15	Installazione di elementi prefabbricati .....	74
4.3.16	Messa in carico del calcestruzzo.....	74
4.3.17	Prove in corso d'opera: cemento, ceneri volanti, loppa d'altoforno, inerti, additivi, agenti stagionanti.....	74
4.3.18	Prove sul calcestruzzo. Requisiti generali .....	75
4.3.19	Prove sul calcestruzzo indurito .....	75
4.3.19.1	Campioni di calcestruzzo indurito e carote di calcestruzzo.....	75
4.3.19.2	Prove: carote di calcestruzzo .....	75
4.3.19.3	Criteri di conformità: carote di calcestruzzo.....	76
4.3.19.4	Prove sul calcestruzzo indurito.....	76
4.3.20	Prove di elementi prefabbricati.....	76
4.3.20.1	Lotto di elementi prefabbricati .....	77
4.3.20.2	Campioni di elementi prefabbricati .....	77
4.3.20.3	Verifica di elementi prefabbricati .....	77
4.3.20.4	Criteri di conformità di elementi prefabbricati .....	77
4.3.21	Tolleranze dei getti .....	78
4.3.22	Progettazione della miscela di calcestruzzo - Essudazione.....	78

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.3.22.1	Criteri di conformità.....	78
4.3.22.2	Prove e conformità.....	79
4.3.23	Reazione alcali-silice .....	79
4.3.23.1	Definizione e determinazione.....	79
4.3.23.2	Criteri di conformità.....	80
4.3.23.3	Documentazione da presentare .....	80
4.3.24	Temperatura del calcestruzzo.....	81
4.3.24.1	Generale.....	81
4.3.24.2	Documentazione da presentare .....	81
4.3.24.3	Criteri di conformità.....	81
4.3.24.4	Monitoraggio della temperatura.....	82
4.3.25	Effetto della temperatura di stagionatura sulla resistenza .....	83
4.3.25.1	Generale.....	83
4.3.25.2	Criteri di conformità.....	83
4.3.25.3	Prove e conformità.....	83
4.3.26	Aumento di resistenza a lungo termine .....	84
4.3.26.1	Generale.....	84
4.3.26.2	Prove e conformità.....	84
4.3.27	Determinazione dell'indice di efficienza degli agenti stagionanti .....	85
4.3.27.1	Oggetto.....	85
4.3.27.2	Materiali .....	85
4.3.27.3	Attrezzature .....	85
4.3.27.4	Procedura: preparazione di campioni.....	86
4.3.27.5	Procedure: determinazione dell'indice di efficienza .....	87
4.3.27.6	Calcolo.....	88
4.3.27.7	Relazione sui risultati.....	89
4.4	Opere in cemento armato precompresso.....	89
4.4.1.1	Terminologia.....	89
4.4.2	Materiali .....	90
4.4.2.1	Acciaio da cemento armato precompresso .....	90
4.4.2.2	Componenti di precompressione.....	90
4.4.2.3	Guaine .....	91
4.4.2.4	Tubi di sfiato e relative valvole per la malta.....	91

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>	<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

4.4.2.5	Malta per i sistemi di precompressione .....	91
4.4.3	Documentazione da presentare .....	92
4.4.3.1	Particolari dei sistemi di precompressione .....	92
4.4.3.2	Particolari dei tiranti di precompressione.....	92
4.4.3.3	Particolari relativi alla miscela di malta e alla procedura di iniezione malta .....	93
4.4.3.4	Campioni dei materiali .....	93
4.4.4	Prove .....	94
4.4.4.1	Miscele di prova della malta.....	94
4.4.4.2	Campioni di miscela di malta di prova .....	94
4.4.4.3	Verifica delle miscele di malta di prova .....	94
4.4.4.4	Non conformità: miscele per malta di prova .....	94
4.4.4.5	Prove di iniezione.....	95
4.4.4.6	Verifica delle prove di iniezione.....	95
4.4.4.7	Criteri di conformità: prove di iniezione .....	95
4.4.4.8	Non conformità: prove di iniezione .....	96
4.4.4.9	Miscela di malta approvata .....	96
4.4.4.10	Inizio delle iniezioni .....	96
4.4.4.11	Varianti di materiali e modalità esecutive .....	96
4.4.5	Gestione e immagazzinamento dei materiali.....	96
4.4.5.1	Gestione dei tiranti di precompressione .....	96
4.4.5.2	Gestione dei componenti di precompressione.....	97
4.4.5.3	Immagazzinamento dei materiali per sistemi di precompressione.....	97
4.4.6	Condizione superficiale dei materiali per i sistemi di precompressione .....	97
4.4.7	Installazione dei sistemi di precompressione .....	97
4.4.7.1	Installazione dei tiranti di precompressione.....	98
4.4.7.2	Taglio dei tiranti di precompressione.....	98
4.4.7.3	Giunzioni nei tiranti di precompressione.....	98
4.4.7.4	Impiego dei componenti di precompressione .....	98
4.4.7.5	Installazione delle guaine.....	98
4.4.7.6	Giunzioni nelle guaine.....	99
4.4.7.7	Installazione di tubi di sfiato della malta e valvole .....	99
4.4.8	Tesatura dei tiranti di precompressione .....	99
4.4.8.1	Precompressione a tiranti pretesi.....	100

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>	<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

4.4.8.2	Post-tesatura .....	100
4.4.8.3	Protezione dei tiranti di precompressione esterni e degli ancoraggi .....	102
4.4.8.4	Documentazione relativa alle operazioni di tesatura .....	102
4.4.9	Ispezione dei sistemi di precompressione .....	102
4.4.10	Iniezione dei sistemi di precompressione .....	103
4.4.10.1	Apparecchiature per l'iniezione .....	103
4.4.10.2	Efficacia dell'iniezione .....	103
4.4.10.3	Iniezione della malta .....	103
4.4.10.4	Documentazione relativa alle operazioni d'iniezione .....	104
4.4.11	Tolleranze per le guaine .....	105
4.4.12	Collaudo degli elementi precompressi .....	105
4.4.13	Verifica dei tiranti di precompressione .....	105
4.4.13.1	Lotto di tiranti di precompressione .....	105
4.4.13.2	Campioni di tiranti di precompressione .....	105
4.4.13.3	Verifica dei tiranti di precompressione .....	106
4.4.13.4	Criteri di conformità relativi al carico caratteristico di rottura e al carico caratteristico allo 0,1% .....	106
4.4.13.5	Non conformità relativa ad allungamento, diametro, area sezionale, massa, modulo di elasticità, duttilità .....	106
4.4.14	Verifica dell'attrito della guaina .....	107
4.4.14.1	Verifica dell'attrito della guaina .....	107
4.4.14.2	Criteri di conformità relativi all'attrito della guaina .....	107
4.4.14.3	Documentazione relativa alle prove di attrito della guaina .....	108
4.4.15	Prove relative alla malta per sistemi di precompressione .....	108
4.4.15.1	Campionatura per prove di essudazione e dilatazione libera della malta .....	108
4.4.15.2	Prove di essudazione e dilatazione libera della malta .....	108
4.4.15.3	Non conformità relativa a prove di essudazione e dilatazione libera della malta .....	109
4.4.15.4	Campionatura per prove di resistenza a compressione della malta .....	109
4.4.15.5	Prova di resistenza a compressione della malta .....	109
4.4.15.6	Non conformità: resistenza a compressione della malta .....	109

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## Sottostrutture

### 1 Prescrizioni e Aspetti generali

#### 1.1 Applicazione ed osservanza delle Specifiche, delle Normative e di altre regole.

La progettazione e realizzazione, comprese prove e verifiche tecniche, delle opere permanenti oggetto del Contratto devono essere espletate:

- a. In modo da conseguire pienamente gli scopi e le prestazioni stabiliti nel documento GCG.F.04.01 "Fondamenti Progettuali e prestazioni attese per l'Opera di attraversamento" e nei documenti del gruppo GCG.F.05 "Specifiche Tecniche per il Progetto Definitivo e il Progetto Esecutivo dell'Opera di attraversamento", nonché negli altri documenti di Contratto.
- b. In modo da essere pienamente conformi alle vigenti leggi e norme applicabili tra le quali in particolare quelle riportate a titolo indicativo nel documento GCG.F.01.02 "Normativa Tecnica Applicabile", ed in specie quelle richiamate nei capitoli specifici dei presenti documenti di Gara, con successive integrazioni e modificazioni intervenute durante lo svolgimento delle attività. L'adozione, anche parziale, di norme alternative è soggetta alla preventiva autorizzazione del Committente, a suo insindacabile giudizio, e potrà essere presa in considerazione solo nei seguenti casi:
  1. Qualora il Contraente Generale possa dimostrare che le norme previste non sono applicabili e/o adeguate a particolari situazioni specifiche evidenziatesi nel corso della progettazione.
  2. Ferma restando la non derogabilità di tutti i provvedimenti legislativi nazionali, il Contraente Generale potrà proporre all'approvazione del Committente l'uso di altre norme e regole a condizione che queste siano stabilite e pubblicate da un autorevole ed indipendente Organismo, riconosciuto sul piano nazionale, europeo o internazionale per lo svolgimento istituzionale e continuativo di attività normativa, e che le stesse comportino qualità e prestazioni equivalenti e comunque non inferiori alle condizioni più restrittive fra quelle definite dalle Leggi e normative di riferimento. Inoltre, l'adozione di una norma alternativa dovrà essere proposta in modo organico tenendo presente la necessità di adottare contestualmente anche tutte le altre norme a questa conseguenti e correlate e di verificare la sua compatibilità con le altre norme recepite.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- c. In conformità allo “Stato dell’Arte” aggiornato, inteso come l’insieme delle conoscenze, metodologie, procedure, raccomandazioni ed istruzioni documentate che sono comunemente accettate ed applicate con successo dalla comunità tecnico-scientifica internazionale.
- d. In conformità alle disposizioni impartite dagli Enti, Autorità e Soggetti che per Legge o ai sensi del Contratto abbiano titolo per svolgere funzioni di indirizzo e/o di controllo.
- e. Con materiali, apparecchiature e sistemi protettivi di ottimo livello qualitativo, di ottima lavorazione, aggiornati agli standard più recenti, del tutto adeguati agli scopi ed alle funzioni cui essi sono destinati nonché alle condizioni ambientali di posa e di funzionamento previste. Ove previsto, componenti ed apparecchiature dovranno essere certificati e/o omologati ai sensi di legge. Si richiama in particolare l’obbligo di certificazione all’origine per gli acciai da costruzione ed altri materiali per i quali si applicano i requisiti di certificazione stabiliti nel Decreto Ministeriale 9.1.1996 “Nuove norme tecniche per l’esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche”, con le modalità ivi prescritte.
- Qualora dovessero insorgere difficoltà interpretative in ordine all’applicazione delle Specifiche Tecniche e delle Normative, a causa di eventuali sovrapposizioni o conflitti tra i diversi documenti e comunque in caso di dubbi interpretativi di qualsiasi origine, il Contraente Generale è tenuto a consultare immediatamente il Committente per definire l’interpretazione corretta del caso in esame.

## 1.2 Oneri compresi nel Contratto

Resta inteso che la realizzazione delle opere oggetto del Contratto comprende e compensa tutte le forniture, tutte le attività e tutti gli oneri, anche generali ed accessori, comunque necessari per la compiuta e perfetta esecuzione e certificazione delle opere medesime ai sensi del Contratto stesso, compresi tra l’altro gli oneri per l’esecuzione di prove tecniche di laboratorio, ispezioni in corso d’opera nei luoghi di fabbricazione, prove in opera, collaudi parziali e finali.

## 1.3 Scopo delle presenti specifiche

Le presenti Specifiche Tecniche per la Costruzione sviluppate sulla base del Progetto Preliminare definiscono il livello minimo richiesto per quanto riguarda, a livello generale:

- materiali

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- principali componenti o apparecchiature
- lavorazioni
- trattamenti protettivi
- principali prove.

#### **1.4 Sviluppo dei Capitolati Tecnici di Contratto**

Durante la fase di Progetto Definitivo il Contraente Generale, sulla base delle soluzioni realizzative da lui definite, dovrà sviluppare e sottoporre all'approvazione del Committente il Capitolato Tecnico di Contratto, il quale - in conformità alla legislazione vigente - dovrà, tra l'altro, per tutti i materiali, i componenti e le lavorazioni previste nel Progetto Definitivo, stabilire in dettaglio:

- qualità, prestazioni, requisiti di accettazione e di qualifica, modalità di controlli in corso d'opera e finali dei materiali e dei componenti;
- modalità di esecuzione, requisiti di accettazione e modalità di controlli in corso d'opera e finali delle lavorazioni.
- dati e certificazioni da produrre.
- 

Il Contraente Generale dovrà sviluppare detto Capitolato Tecnico per le opere permanenti:

- nel pieno rispetto degli obblighi e dei requisiti di cui ai punti a), b), c), d), e) del precedente paragrafo 1.1;
  - sulla base dello schema costituito dalle presenti Specifiche Tecniche, assicurando i livelli minimi di qualità e prestazioni qui prescritti.
  - In conformità alle specifiche integrative da lui presentate con l'Offerta di Gara e agli altri eventuali documenti contrattuali applicabili.
  - Qualsiasi deviazione da quanto sopra specificato dovrà essere preventivamente approvata dal Committente.
- Il Contraente Generale dovrà sviluppare analogo Capitolato Tecnico per le Opere e Sistemi Temporanei sulla base delle soluzioni e proposte realizzative da lui presentate con l'Offerta di Gara e di quanto più in dettaglio definito con il Progetto Definitivo, nel pieno rispetto degli obblighi e dei requisiti di cui ai punti a), b), c), d), e) del precedente paragrafo 1.1 nonché di tutti gli altri obblighi derivanti dagli altri documenti di Contratto, tra i quali in particolare quelli relativi alla Sicurezza e all'Ambiente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 1.5 Sistema Qualità

Il Contraente Generale dovrà osservare le prescrizioni sul Sistema Qualità riportate nel documento GCG.E.02.01 "Requisiti di Sistema".

Tutte le lavorazioni ed i materiali oggetto di prescrizioni o riferimenti normativi descritti nel presente documento saranno garantiti dal Sistema di Gestione per la Qualità della Commessa richiesto al Contraente Generale ed esteso generalmente a tutte le attività relative alla costruzione dell'Opera di attraversamento.

Pertanto quanto di seguito indicato riguarda in particolare i requisiti di qualità per i materiali e per le modalità di esecuzione delle lavorazioni.

Nell'ambito del Sistema Qualità il Contraente Generale dovrà implementare un opportuno Sistema di Controllo Qualità per le attività di sua pertinenza come prescritto dai documenti GCG.E.02.02 "Controllo della Qualità" e GCG.E.02.03 "Piani della Qualità".

In particolare con le modalità definite nel suddetto documento, il Contraente Generale dovrà predisporre:

- i Piani di Controllo Qualità (PCQ) che conterranno il tipo, le modalità di esecuzione, i criteri di accettazione e la documentazione delle verifiche, delle ispezioni e dei collaudi da eseguirsi sui materiali e sulle lavorazioni per garantire la qualità dell'opera in ogni fase della costruzione;
- i programmi di controllo.

Il Controllo Qualità sarà esteso ad ogni fase di lavorazione e comprenderà ispezioni e verifiche durante la produzione dei materiali, collaudi alla consegna dei prodotti lavorati o semilavorati, verifiche al ricevimento della merce presso l'officina di assemblaggio o il cantiere di impiego, verifiche ed ispezioni in corso d'opera.

Tutta la documentazione relativa al Sistema di Gestione per la Qualità messo in essere dal Contraente Generale insieme al programma dei Controlli, alle modalità di esecuzione, alla lista delle persone preposte alle ispezioni devono essere sottoposti alla Direzione Lavori ed al Committente con le modalità previste nel succitato documento GCG.E.02.02 "Controllo della Qualità".

## 1.6 Requisiti Generali di rintracciabilità

Salvo diversamente specificato, materiali, componenti, apparecchiature e processi utilizzati per la realizzazione delle opere permanenti dovranno avere rintracciabilità completa, come da formati di Controllo Qualità di Cantiere, nel pieno rispetto di quanto prescritto dalla normativa vigente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 1.7 Applicabilità di altre specifiche

Per materiali, lavorazioni ed opere non previste nel presente documento, il Contraente Generale, prima di proporre altre specifiche di costruzione, dovrà verificare l'applicabilità al caso specifico di prescrizioni contenute nel documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie".

## 1.8 Ruolo della Direzione Lavori

Nel presente documento si fa riferimento a compiti attribuiti alla Direzione Lavori ovvero a "la Direzione Lavori e/o il Committente". Si precisa, in via preliminare, che per quanto riguarda la determinazione del ruolo della Direzione Lavori e delle attività di spettanza della medesima dovrà ritenersi prevalente il contenuto del documento GCG.E.01.06 "Direzione e controllo dei lavori". Ogni ulteriore attività indicata nel presente documento ed ivi non prevista sarà svolta dalla Direzione Lavori sotto il controllo e con la supervisione del Committente (Alta Sorveglianza).

## 2 Opere preliminari e movimenti dei terreni

### 2.1 Bonifica ordigni bellici

Si applicano integralmente le prescrizioni del documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie" capitolo 2 "Bonifica da ordigni bellici".

### 2.2 Sondaggi e tracciati

Si applicano integralmente le prescrizioni del documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie" capitolo 3 "Sondaggi e tracciati".

### 2.3 Scavi

Si applicano integralmente le prescrizioni del documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie" capitolo 4 "Scavi".

### 2.4 Demolizioni e rimozioni

Si applicano integralmente le prescrizioni del documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie” capitolo 5 “Demolizioni e rimozioni”.

## 2.5 Rilevati

Si applicano integralmente le prescrizioni del documento GCG.G.02.01 “Norme per l’esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie” capitolo 6 “Rilevati”.

## 3 Opere geotecniche

### 3.1 Diaframmi

Per tutti i diaframmi si applicano le prescrizioni del documento GCG.G.02.01 “Norme per l’esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie” capitolo 7 “Diaframmi in cemento armato” con le integrazioni e variazioni riportate nei sotto-paragrafi che seguono.

#### 3.1.1 Condizioni d’impiego

Il Progetto prevede l’impiego di diaframmi gettati in opera, sia come opera di sostegno provvisoria, sia come opera di fondazione definitiva.

Le applicazioni nell’Opera di attraversamento sono:

- come opera di sostegno provvisoria per gli scavi dei blocchi di ancoraggio e per quelli delle fondazioni delle torri dell’Opera di attraversamento e delle pile del Viadotto Pantano (EN 1538);
- come opera di fondazione per le torri dell’Opera di attraversamento e per le pile del Viadotto Pantano (EN 1536).

Il Progetto Definitivo ed Esecutivo definiranno, caso per caso, gli eventuali trattamenti preliminari di iniezioni di intasamento nelle formazioni geologiche di elevata permeabilità, ritenuti efficaci per evitare eventuali perdite improvvise di fango nel corso della perforazione dei diaframmi.

Nel Progetto Definitivo ed Esecutivo si dovrà precisare il tipo di bentonite da impiegare per la confezione del fango di perforazione, o, in alternativa, il tipo di fango di polimeri, in relazione al contenuto salino dell’acqua di falda.

I diaframmi per la costruzione del blocco di ancoraggio e la fondazione della torre lato Calabria

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dovranno attraversare spessori importanti del conglomerato di Pezzo; salvo diverse indicazioni che dovessero emergere dall'indagine del Progetto Definitivo. Per la loro realizzazione occorre prevedere l'impiego di idrofresce.

In considerazione delle profondità di scavo e della tipologia di opera per i diaframmi di fondazione della torre lato Sicilia si renderà necessaria una verifica sull'opportunità di adottare anche in questo caso l'uso di idrofresce; una decisione in tale senso sarà condizionata dai risultati delle indagini sviluppate nel corso del Progetto Definitivo e da prove tecnologiche preliminari.

In ogni caso i diaframmi dovranno rispettare le tolleranze geometriche richieste nel documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie" capitolo 7 "Diaframmi in cemento armato".

### **3.1.2 Prestazioni richieste per i diaframmi di fondazione**

I diaframmi di fondazione dovranno fornire la capacità portante richiesta dal Progetto Definitivo ed Esecutivo, con il grado di sicurezza previsto dalla normativa e dalle linee guida per la progettazione, sia per gli sforzi assiali che per quelli trasversali. Sia la componente verticale che quella orizzontale degli spostamenti nelle condizioni di servizio dovranno risultare compresi nei limiti ammissibili indicati nel Progetto Definitivo ed Esecutivo.

Per soddisfare le esigenze sopra indicate, si deve garantire sia l'integrità strutturale degli elementi di diaframma che la loro efficace connessione al terreno.

### **3.1.3 Prove di accettazione per i diaframmi di fondazione**

E' inteso che forma, dimensioni e caratteristiche materiali delle barre di armatura siano certificate dal fornitore e che la rispondenza ai certificati ed ai disegni di progetto sia controllata all'atto della posa in opera.

Sul calcestruzzo saranno ovviamente eseguite le prove di resistenza previste dalla legge e dalle prescrizioni del documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie" capitolo 7 "Diaframmi in cemento armato" e del capitolo 4 del presente documento.

Si controllerà all'atto dell'esecuzione la regolarità dell'assorbimento del calcestruzzo. Su alcuni elementi, il cui numero (non meno di ¼ del totale) e posizione saranno precisati nel Progetto Definitivo ed Esecutivo, si misureranno per ogni 6 m<sup>3</sup> di calcestruzzo immesso le profondità raggiunte dal calcestruzzo stesso nell'elemento in corso di getto.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La quantità totale dovrà risultare non inferiore al 105% del volume teorico totale del getto, e quella di ogni singola dose non inferiore al 95% del volume teorico corrispondente, in deroga a quanto stabilito dalle prescrizioni del documento GCG.G.02.01 “Norme per l’esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie” capitolo 7 “Diaframmi in cemento armato”.

L’idoneità dei diaframmi alle funzioni richieste sarà accertata mediante le seguenti prove:

- Prove di carico statiche, in direzione sia assiale che trasversale, spinte fino a 1,5 volte il carico di esercizio.
- Prove di carico dinamiche in direzione assiale ad elevato livello di energia.
- Prove geofisiche di integrità.
- Prove “cross-hole” entro tubi predisposti in alcuni elementi di diaframma, con metodologie e strumenti idonei alla restituzione di tomografie delle velocità di trasmissione delle onde di taglio (Vs).
- Carotaggi meccanici continui nel corpo dei diaframmi, e prove di compressione sulle carote prelevate.

Le prove di carico dinamiche dovranno essere eseguite in accordo a quanto prescritto ad esempio in ASTM Standard D-4945-89 (1984) “Standard test method for high-strain dynamic testing of piles” Annual Book of ASTM, vol. 4.08, impartendo una sollecitazione dinamica dotata di energia sufficiente a produrre la mobilitazione di gran parte delle resistenze ed uno spostamento verticale della sommità del diaframma non minore di 1,5 mm. A garanzia di ciò il Contraente Generale dovrà redigere una specifica tecnica di dettaglio, contenente anche i risultati di analisi finalizzate all’individuazione delle caratteristiche ottimali del sistema di prova (massa battente, altezza di caduta, cuffia e cuscino interposti tra elemento e massa battente).

Il numero delle prove, i criteri per la scelta degli elementi sui quali eseguire le diverse prove ed i valori dei limiti di accettabilità saranno indicati dal Progetto Definitivo ed Esecutivo. Gli stessi progetti indicheranno anche le prove integrative da eseguire (“cross-hole” escluse) sugli elementi nei quali il controllo dell’assorbimento del calcestruzzo non desse esito soddisfacente, nei termini precedentemente precisati.

Il programma delle prove dovrà essere sottoposto all’approvazione del Committente.

### **3.1.4 Diaframmi con funzioni di sostegno**

E’ inteso che forma, dimensioni e caratteristiche materiali delle barre di armatura siano certificate dal fornitore e che la rispondenza ai certificati ed ai disegni di progetto sia controllata all’atto della

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

posa in opera.

Sul calcestruzzo saranno ovviamente eseguite le prove di resistenza previste dalla legge e dalle prescrizioni del documento GCG.G.02.01 “Norme per l’esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie” capitolo 7 “Diaframmi in cemento armato” e del capitolo 4 del presente documento.

La richiesta resistenza flessionale dipende dall’integrità del corpo dei diaframmi e dalla qualità del calcestruzzo in opera.

Si controllerà all’atto dell’esecuzione la regolarità dell’assorbimento del calcestruzzo, come indicato nel paragrafo precedente 3.1.3, salvo che i controlli, dose per dose, saranno eseguiti su non meno di 1/5 del numero totale degli elementi.

Fanno eccezione i diaframmi perimetrali delle torri per i quali i rilievi di cui sopra saranno effettuati su tutti gli elementi.

L’idoneità dei diaframmi alle funzioni richieste sarà accertata mediante le seguenti prove:

- Prove “cross-hole” con metodologia ad ultrasuoni per la misura della velocità delle onde di compressione ( $V_p$ ) entro tubi predisposti in tutti gli elementi di diaframma.
- Prove “cross-hole” entro tubi predisposti in alcuni elementi di diaframma, con metodologie e strumenti idonei alla restituzione di tomografie delle velocità di trasmissione delle onde di taglio ( $V_s$ ).
- Carotaggi meccanici continui nel corpo dei diaframmi, e prove di compressione sulle carote prelevate.

Il numero delle prove, i criteri per la scelta degli elementi sui quali eseguire le diverse prove ed i valori dei limiti di accettabilità saranno indicati dal Progetto Definitivo ed Esecutivo. Gli stessi progetti indicheranno anche le prove integrative da eseguire (“cross-hole” escluse) sugli elementi nei quali il controllo dell’assorbimento del calcestruzzo non desse esito soddisfacente, nei termini precedentemente precisati.

Il programma delle prove dovrà essere sottoposto all’approvazione del Committente.

### **3.2 Trattamenti colonnari (jet-grouting)**

Si applicano integralmente le prescrizioni del documento GCG.G.02.01 “Norme per l’esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie” capitolo 9 “Trattamenti colonnari (colonne consolidate – jet-grouting)” con le integrazioni e variazioni riportate nei sotto-paragrafi che seguono.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3.2.1 Applicazioni

Trattamenti colonnari in jet grouting sono previsti per quattro diverse funzioni:

- a) consolidamento del terreno sabbioso-ghiaioso sotto le fondazioni delle torri dell'Opera di attraversamento e delle pile del viadotto Pantano;
- b) riduzione della deformabilità del terreno sabbioso-ghiaioso circostante le fondazioni ed i consolidamenti indicati in a);
- c) costituzione (preventiva agli scavi) di opere di sostegno trasversali, interne alla cintura perimetrale di diaframmi, per il blocco di ancoraggio sul versante Sicilia;
- d) tampone impermeabile di fondo per impedire l'ingresso dell'acqua di falda negli scavi.

Mentre le applicazioni per le funzioni a) e c) comportano la compenetrazione di tutte le colonne, quella relativa alla funzione b) si basa sulla creazione di un insieme di celle esagonali contigue, con i lati formati da colonne compenstrate, che lasciano al loro interno terreno non trattato.

Poiché le fondazioni in c.a. delle torri appoggiano su terreno trattato a quota -15,00 m s.l.m., i trattamenti sotto di esse assolvono anche alla funzione d) di tampone impermeabile di fondo per impedire l'ingresso dell'acqua di falda negli scavi; analoga funzione spetta anche, sia pure con minore entità del battente da contrastare, ai trattamenti sotto le fondazioni del viadotto Pantano.

Le funzioni a) e b) sono permanenti, quelle c) e d), sono temporanee.

Nel Progetto Definitivo ed Esecutivo si dovrà in ogni caso precisare il tipo di cemento da impiegare, in relazione anche al contenuto salino dell'acqua di falda.

### 3.2.2 Campi prova

Il Progetto Definitivo definirà il metodo esecutivo, i diametri ed i requisiti di resistenza del materiale costituente le colonne, delle quali è prevista la compenetrazione per l'intera altezza, nella misura necessaria per assolvere al compito, come precisato dalle verifiche di progetto.

Le assunzioni del Progetto Definitivo andranno verificate in campo mediante esecuzione di campi prova per colonne jet grouting, sia sul versante Sicilia che sul versante Calabria. Scopo dei campi prova sarà quello di definire i parametri di esecuzione delle colonne jet grouting che consentono di ottenere le resistenze ed i diametri necessari.

In particolare i campi prova dovranno essere strutturati in modo tale da prevedere:

- Una fase preliminare di prove, da eseguirsi su colonne isolate, per definire e mettere a punto le attrezzature, le metodologie ed i parametri specifici esecutivi;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Una seconda fase di prove atte a simulare le geometrie definite nel progetto definitivo e tali da testarne la validità funzionale (ad esempio: tenuta dei tamponi di fondo; effettiva realizzazione di una cellule esagonale “chiusa” attraverso l’effettiva compenetrazione delle colonne adiacenti).

Sulle colonne dei campi prova si eseguiranno:

- ispezioni visive e misure dirette del diametro reso, grazie a scavi attorno alle colonne;
- tutte le prove di controllo indicate al successivo paragrafo 3.2.3, oltre ad eventuali altre prove ritenute utili dal Contraente Generale.

Il progetto dei campi prova, con i relativi controlli, sarà sottoposto all’approvazione del Committente.

Il Progetto Esecutivo fornirà quindi dimensioni, resistenze, parametri di esecuzione e tolleranze dei singoli trattamenti, sulla base delle risultanze dei campi prova.

### 3.2.3 Controlli

Il controllo in corso d’esecuzione comprenderà:

- registrazione automatica dei parametri di jetting;
- rilievo della deviazione del foro mediante sistemi inclinometrici, al termine della perforazione, per ciascuna colonna;
- costante controllo a vista del riflusso a bocca foro durante il jetting ed annotazione di eventuali irregolarità;
- prelievo di 1 – 2 campioni di riflusso per ogni colonna e prove di compressione sui campioni prelevati;
- carotaggio in asse, per l’intera lunghezza, di un numero di colonne specificato in progetto;
- esecuzione di prove di compressione semplice su campioni ricavati da spezzoni rappresentativi di carota; il numero delle prove sarà quello necessario e sufficiente a definire le curve di distribuzione normale tipiche del terreno trattato;
- esecuzione di prove triassiali con pressioni di confinamento in cella dell’ordine di 100, 300, 500, e 700 kPa e velocità di deformazione, nella fase di applicazione del carico deviatorico, veloce (circa 0,1 mm/min) e lenta (circa 0,001 mm/min). Le prove triassiali saranno tendenzialmente effettuate su campioni di materiale caratterizzati da resistenze alla compressione semplice non superiori al valore medio ottenuto dalle prove di cui al punto precedente meno lo scarto quadratico medio; la deformazione del provino in fase di carico verrà ottenuta con misure locali al fine di ottenere una curva sforzi deformazioni, e quindi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

curve di degrado del modulo in funzione della deformazione indotta, il più attendibile possibile. Prima della fase di carico deviatorico verranno effettuate sui provini prove per la misura delle velocità delle onde di taglio e quindi dei moduli elastici iniziali a piccole deformazioni;

- esecuzione di tomografie cross-hole con misura delle velocità  $V_s$  delle onde trasversali, attraverso coppie di fori in asse colonne, fino alla profondità di base delle colonne; per i trattamenti relativi alle funzioni a) e c) la distanza tra i fori sarà pari a 3 o 4 interassi tra le colonne, per i trattamenti relativi alla funzione b) i fori saranno in asse alle colonne poste nel punto comune a tre celle contigue;
- esecuzione di una prova di abbassamento di falda preventivamente agli scavi, separatamente per ciascuna zona circondata da diaframmi, sotto le fondazioni dell'Opera di attraversamento e del Viadotto Pantano, con monitoraggio delle portate emunte e della depressione di falda raggiunta all'interno di ciascuna zona, allo scopo di valutare la permeabilità residua del sistema costituito dal tampone di fondo e dalla diaframatura perimetrale;
- monitoraggio delle temperature del terreno poco al disopra del tampone, in un conveniente numero di punti, prima e durante le prove di abbassamento di falda sotto le fondazioni delle torri, allo scopo di localizzare le eventuali venute d'acqua attraverso il sistema di impermeabilizzazione; il Committente potrà ordinare analogo monitoraggio anche per le fondazioni del Viadotto Pantano, qualora gli esiti delle prove di emungimento dessero adito a dubbi sull'efficienza delle impermeabilizzazioni.

Riguardo al monitoraggio termico si chiarisce che esso mira a definire una mappa degli abbassamenti di temperatura prodotti dall'emungimento rispetto alla temperatura dell'acqua a riposo, che risente gli effetti dello sviluppo di calore per le reazioni di presa del cemento impiegato nel jet grouting. Gli abbassamenti più accentuati sono ovviamente localizzati in corrispondenza di falle nel sistema di impermeabilizzazione, che danno luogo a ingresso dell'acqua esterna, più fredda.

Il numero delle prove, i criteri per la scelta degli elementi sui quali eseguire le diverse prove ed i valori dei limiti di accettabilità saranno indicati dal Progetto Definitivo ed Esecutivo. Gli stessi progetti dovranno comprendere la disposizione e la specifica tecnica per gli strumenti del monitoraggio termico.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3.3 Dreni

Si applicano integralmente le prescrizioni del documento GCG.G.02.01 “Norme per l’esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie” capitolo 10 “Dreni”.

### 3.4 Tiranti di ancoraggio nei terreni

Si applicano integralmente le prescrizioni del documento GCG.G.02.01 “Norme per l’esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie” capitolo 11 “Tiranti di ancoraggio nei terreni” con le integrazioni e variazioni riportate nei paragrafi che seguono.

#### 3.4.1 Condizioni d’impiego

I tiranti di ancoraggio hanno tutti funzione provvisoria di vincolo per i diaframmi posti a sostegno degli scavi. Tuttavia prevedendo che essi saranno operativi per un arco di tempo relativamente lungo dovranno comunque essere rispondenti ai requisiti dei tiranti permanenti.

#### 3.4.2 Requisiti e controlli

La loro idoneità richiede che essi soddisfino i requisiti seguenti:

- sicurezza di esecuzione, senza degrado delle caratteristiche geotecniche del terreno entro il quale sono disposti;
- grado di sicurezza rispetto alla rottura della connessione al terreno e rispetto al collasso delle armature conforme alla normativa EN;
- localizzazione della connessione al terreno nella zona prevista dal progetto.

Il primo requisito richiede innanzitutto che il foro venga rivestito per la sua intera lunghezza per prepararlo a ricevere le armature del tirante senza rischi di instabilità delle pareti del foro durante l’operazione di posa.

Per la realizzazione di tiranti sotto falda dovrà essere previsto l’impiego di tubi temporaneamente cementati nel diaframma per non più di metà del suo spessore e di sistemi meccanici o pneumatici di tenuta idraulica tra tali tubi ed i tubi di rivestimento (che potranno fungere anche da aste di perforazione) e tra i tubi di rivestimento e il corpo delle armature e delle guaine di protezione del tirante, in modo da impedire la fuoriuscita incontrollata di acqua e terreno sia durante la perforazione, sia durante l’installazione del tirante, e fino a quando si effettua l’iniezione di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sigillatura tra tirante e terreno. In alternativa si potrà procedere all'installazione di tubi temporaneamente cementati nel diaframma come sopra indicato, di lunghezza tale da portarne la bocca al disopra della massima quota di falda incontrata dalla perforazione, in modo da conferire al foro il carico idraulico necessario per impedirvi l'ingresso dell'acqua di falda. In questo caso i tubi temporanei (o la sola loro parte emergente dal diaframma) potranno essere rimossi dopo l'iniezione di sigillatura tra tirante e terreno.

Gli altri due requisiti devono essere controllati per tutti i tiranti mediante la loro messa in forza con misura dello sforzo applicato e dello spostamento della testa di trazione corrispondente.

Lo spostamento deve corrispondere all'allungamento delle armature sotto lo sforzo applicato in testa, calcolato per una lunghezza efficace pari alla lunghezza del tratto libero, più una parte (compresa tra il 25% ed il 50%) del tratto di connessione al terreno. In relazione a specifiche situazioni ed esigenze, il Progetto Definitivo ed Esecutivo potranno stabilire un ambito più ristretto da attribuire alla seconda componente.

### 3.4.3 Prove propedeutiche alla progettazione definitiva

I tiranti eseguiti nelle formazioni sabbio-ghiaiose delle alluvioni del litorale dovranno essere iniettati ripetutamente in pressione nel tratto connesso, mediante condotto di iniezione dotato di valvole di non ritorno.

Per tutti i tiranti si raccomanda di definire congiuntamente, tramite prove propedeutiche su elementi fuori opera: fasi, quantità e pressioni di iniezione. Le prove sono da condurre in fase di Progetto Definitivo; si dovrà mirare a contenere la lunghezza dei tratti connessi entro 10÷12 m, per evitare fenomeni di sconnessione progressiva dovuti agli elevati allungamenti dei trefoli.

Per i tiranti con più di 4 trefoli è possibile limitare i suddetti fenomeni anche adottando lunghezze differenziate per coppie di trefoli diametralmente opposti, mantenendo scorrevoli tutti i trefoli entro guaine fino a 3 – 4 m dal loro termine, in modo da scalare tra le diverse coppie i tratti scoperti, di connessione trefolo-malta, lungo il tratto complessivo di connessione tirante-terreno: tale disposizione limita opportunamente le tensioni di trazione e le fessurazioni nella malta del tratto connesso, che può quindi, se necessario, anche superare la lunghezza di 10 m per tiranti con più di 6 trefoli. Ulteriori riduzioni di lunghezza dei tratti scoperti, e quindi del tratto di connessione tirante-terreno, possono ottenersi dotando i trefoli di manicotti estrusi ("grip") alle loro estremità. Il dispositivo comporta che la trazione sia impartita con un martinetto per ciascun trefolo, avendosi allungamenti differenziati per ciascuna coppia di trefoli di lunghezza diversa.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il numero delle prove, i criteri per la definizione degli elementi sui quali eseguire le prove ed i valori dei limiti di accettabilità saranno indicati nel Progetto Definitivo.

Il programma di prove sarà sottoposto all'approvazione del Committente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## **4 Opere in c.a. e in c.a.p. – Requisiti specifici per l’Opera di attraversamento**

### **4.1 Oggetto e campo di applicazione**

#### **4.1.1 Oggetto**

La presente specifica ha per oggetto la fornitura di materiali, attrezzature ed accessori vari e l’esecuzione delle lavorazioni nonché dei controlli e collaudi occorrenti per la realizzazione delle opere in calcestruzzo armato relative all’Opera di attraversamento, intendendosi in esse comprese la preparazione di tutta la documentazione comprendente, tra l’altro, disegni, calcoli, descrizioni necessarie per l’esecuzione dei lavori in opera e fuori opera.

Per dette attività il Contraente Generale si dovrà attenere alle prescrizioni generali per le opere in c.a. e c.a.p. stabilite nel documento GCG.G.02.01 “Norme per l’esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie” (in particolare nei capitoli da 12 a 19) con le integrazioni e variazioni precisate nel prosieguo del presente documento.

Le prescrizioni del presente testo si applicano ad integrazione di quanto disposto dalle vigenti norme di legge e con riferimento ad esse per quanto attiene a nomenclature e procedure.

Tutte le specifiche riportate nelle normative cui si fa riferimento nel testo dovranno essere osservate qualora non in contrasto con quelle del presente documento.

Il Contraente Generale dovrà garantire il rispetto dei requisiti di qualità dei materiali e di tolleranza previsti dal progetto, elaborando ed applicando un sistema di garanzia della Qualità approvato dal Committente.

#### **4.1.2 Campo di applicazione**

Questa specifica si riferisce agli acciai da cemento armato normale e precompresso, ai materiali per il confezionamento del calcestruzzo e alle modalità di esecuzione delle opere in cemento armato per la realizzazione delle fondazioni delle torri, dei blocchi di ancoraggio dei cavi di sospensione e delle fondazioni delle strutture terminali dell’Opera di attraversamento.

#### **4.1.3 Normativa di riferimento**

Sono di seguito riportate, suddivise per fonte e per argomenti, le principali norme tecniche di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

riferimento prescritte o citate per la qualità dei materiali e le modalità di esecuzione indicate nei vari capitoli del presente documento.

Si rimanda inoltre ai riferimenti normativi inclusi nei capitoli già citati del documento GCG.G.02.01 “Norme per l’esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie”.

In primo luogo è da osservare in modo cogente ed in via prioritaria quanto previsto dalla Legge 5.11.1971 n. 1086 e dai successivi aggiornamenti ministeriali, l’ultimo dei quali è il D.M. LL.PP. 9.1.1996 “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”.

Standards e codici extranazionali, dove espressamente richiamati, potranno essere utilizzati come riferimento a condizione che soddisfino i requisiti specificati e che siano equivalenti alla normativa nazionale od a quella europea espressamente citata.

Il medesimo criterio di applicazione è valido anche per le normative elencate nel documento GCG.F.01.02 “Normativa tecnica applicabile”.

#### 4.1.3.1 Definizioni

UNI:	Ente Nazionale Italiano di Unificazione della normativa.
UNI ISO:	versione in lingua italiana delle norme internazionali ISO oppure la loro adozione nella versione originale in lingua inglese o francese.
UNI EN:	Norme elaborate dal Comitato Europeo di Normazione (CEN) obbligatoriamente recepite nei Paesi comunitari. Non consentono la presenza a livello nazionale di norme che non siano in armonia col loro contenuto.
UNI EU:	sono la versione italiana della EURONORM elaborate dalla Commissione di Coordinamento per la Nomenclatura dei Prodotti Siderurgici della Comunità Europea del Carbone e dell’Acciaio (CECA).
BS	Norme inglesi British Standard
ASTM	Norme americane American Society for Testing and Materials

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.1.3.2 Riferimenti normativi per il confezionamento, posa in opera, getto e stagionatura del calcestruzzo

##### UNI:

UNI EN 206-1:2006	Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità.
UNI 11104:2004	Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1
UNI EN ISO 15630	<a href="#">Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso</a>
UNI EN 197-1:2007	Cemento - Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni.
UNI 9156:1997	Cementi resistenti ai solfati. Classificazioni e composizione.
UNI 7208:1973	Cementi. Determinazione del calore d'idratazione col metodo per soluzione.
UNI EN 12620:2008	Aggregati per calcestruzzo
UNI 8520-1:2005	Aggregati per confezione di calcestruzzi - Definizione, classificazione e caratteristiche.
UNI 8520-2:2005	Aggregati per confezione di calcestruzzi - Requisiti
UNI 8520-8:1999	Aggregati per confezione di calcestruzzi - Determinazione del contenuto di grumi di argilla e particelle friabili.
UNI 8520-21:1999	Aggregati per confezione di calcestruzzi - Confronto in calcestruzzo con aggregati di caratteristiche note
UNI 8520-22:2002	Aggregati per confezioni di calcestruzzi - Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali
UNI 7044:1972	Determinazione della consistenza delle malte cementizie mediante l'impiego di tavola a scosse.
UNI 8656:1984	Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Classificazione e requisiti.
UNI 8866-1:1986	Prodotti disarmanti per calcestruzzi. Definizione e classificazione
UNI 8866-2:1986	Prodotti disarmanti per calcestruzzi. Prova dell'effetto disarmante, alle temperature di 20 e 80 °C, su superficie di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>	<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

	acciaio o di legno trattato.
UNI EN 934-2:2009	Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Additivi per calcestruzzo - Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura.
UNI EN 12878:2005	Pigmenti per la colorazione di materiali da costruzione a base di cemento e/o calce - Specifiche e metodi di prova
UNI EN 450:2007	Ceneri volanti per calcestruzzo. Definizioni, requisiti e controllo di qualità.
UNI EN 480-1:2007	Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova - Calcestruzzo e malta di riferimento per le prove
UNI 8993:2008	Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Definizione e classificazione
UNI 8981-7:1989	Durabilità delle opere e manufatti di calcestruzzo. Istruzioni per la progettazione, la confezione e messa in opera del calcestruzzo.
UNI 8981-8:1999	Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo - Istruzioni per prevenire la reazione alcali-silice
UNI 7122:2008	Calcestruzzo fresco. Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata.
UNI EN 12350-1:2009	Prova sul calcestruzzo fresco – Campionamento.
UNI EN 12350-2:2009	Prova sul calcestruzzo fresco - Prova di abbassamento al cono.
UNI EN 12390-2:2009	Prova sul calcestruzzo indurito - Confezione e stagionatura dei provini per prove di resistenza
UNI EN 12390-3:2009	Prova sul calcestruzzo indurito – Resistenza alla compressione dei provini
UNI 8147:2008	Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione dell'espansione contrastata della malta contenente l'agente espansivo.
UNI 6135:1972	Prove distruttive sui calcestruzzi. Prova di trazione.
UNI EN 196-2:2005	Metodi di prova dei cementi. Analisi chimica dei cementi.
UNI 6393:1988	Controllo della composizione del calcestruzzo fresco.
UNI 7699:2005	Determinazione dell'assorbimento d'acqua alla pressione atmosferica.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

UNI EN ISO 1461:2009	Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova.
UNI EN ISO 4066:2002	Disegni di costruzioni e di ingegneria civile - Distinta dei ferri
UNI EN 12350-1: 2009	Criteri generali di campionamento per cls fresco.
UNI EN 12350-2: 2009	Slump test su cls fresco.
UNI EN 12350-3: 2009	Determinazione della consistenza. Prova Vebe
UNI EN 12350-4: 2009	Indice di compattabilità.
UNI EN 12390-8: 2002	Prova di penetrabilità dell'acqua in pressione su provini di cls.
<u>BS:</u>	
BS 4652:1995	Specification for zinc-rich priming paint (organic media)
BS 8666:2005	Specification for scheduling, dimensioning, bending and cutting of steel reinforcement for concrete
BS 4027:1996	Specification for sulfate-resisting Portland cement
BS 3892-1:1997	Pulverized-fuel ash. Specification for pulverized-fuel ash for use with Portland cement
BS 6699:1992	Specification for ground granulated blastfurnace slag for use with Portland cement
BS 6089:2010	Guide to assessment of concrete strength in existing structures
BS 1881-124:1988	Testing concrete. Methods for analysis of hardened concrete
BS 812-117:1988	Testing aggregates. Method for determination of water-soluble chloride salts
BS 2648:1995	Performance requirements for electrically-heated laboratory drying ovens
BS 718:1991	Specification for density hydrometers
<u>ASTM:</u>	
C494/C494M-04	Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.1.3.3 Riferimenti normativi per gli acciai di armatura per c.a.

##### UNI:

UNI EN 10002-1:2004	Materiali metallici. Prova di trazione. Metodo di prova (a temperatura ambiente).
UNI EN 10002-2:2004	Materiali metallici. Prova di trazione. Verifica del sistema per misurazioni del carico della macchina per prove di trazione
UNI EN 10002-3:1996	Materiali metallici. Prova di trazione. Taratura degli strumenti di misurazione della forza utilizzati per la verifica delle macchine di prova uniassiale.
UNI EN 10002-4:1996	Materiali metallici. Prova di trazione. Verifica degli estensimetri utilizzati nelle prove uniassiali.
UNI EN 10002-5:1993	Materiali metallici. Prova di trazione. Metodo di prova a temperatura elevata.
UNI EN 558:2008	Prove meccaniche dei materiali metallici. Prova di compressione a temperatura ambiente
UNI EN 559:2009	Prove meccaniche dei materiali metallici. Prova di flessione.
UNI EN 564:2007	Prove meccaniche dei materiali metallici. Prova di piegamento.
UNI ENV 10080:2005	Acciaio per cemento armato. Armature per cemento armato saldabili nervate B500 . Condizioni tecniche di fornitura per barre, rotoli e reti saldate.
UNI 3740-1:1999	Elementi di collegamento filettati di acciaio - Prescrizioni tecniche - Generalita'
UNI 3740-9:1982	Bulloneria di acciaio. Prescrizioni tecniche. Confezionamento e tolleranze di fornitura.
UNI 3740-10:1982	Bulloneria di acciaio. Prescrizioni tecniche. Difetti superficiali sulle viti.
UNI 3740-11:1982	Bulloneria di acciaio. Prescrizioni tecniche. Difetti superficiali sui dadi.
UNI 3964:1985	Prove meccaniche dei materiali metallici. Prove di fatica a temperatura ambiente. Principi generali.
UNI 8926:1986	Fili di acciaio destinati alla fabbricazione di reti e tralicci elettrosaldati per cemento armato strutturale
UNI 8927:1986	Reti e tralicci elettrosaldati di acciaio per cemento armato

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	strutturale.
UNI 9535:1989	Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo. Determinazione del potenziale dei ferri di armatura.
UNI 9747:1990	Corrosione delle armature del calcestruzzo in condizioni aggressive. Metodi di intervento e prevenzione.
CNR-UNI 10020:1971	Prova di aderenza su barre di acciaio ad aderenza migliorata.
<a href="#">UNI EN 10002/I-2004</a>	Accertamento delle proprietà meccaniche per gli acciai di armatura per c.a.
<u>ISO:</u>	
ISO 4063:2010	Modalità di saldatura.
ISO 6506:2005	Prove meccaniche su materiali metallici. Prova di durezza Brinell
<a href="#">UNI ISO 10065:1994</a>	Prova di piegamento.

#### **4.1.3.4 Riferimenti normativi per i materiali delle opere in cemento armato precompresso**

<u>UNI:</u>	
UNI 564:1960	Prove meccaniche dei materiali metallici - Prova di piegamento.
UNI 3964:1985	Prove meccaniche dei materiali metallici. Prove di fatica a temperatura ambiente. Principi generali.
UNI 3171:1985	Funi di acciaio per usi generali. Determinazione del carico di rottura effettivo.
UNI 5292:1979	Prove meccaniche dei materiali ferrosi. Prova di trazione dei fili di acciaio.
UNI 5294:1978	Prove meccaniche dei materiali ferrosi. Prova di piegamento alternato dei fili di acciaio.
UNI 7899:1978	Prova di rilassamento degli acciai per conglomerato cementizio armato precompresso
UNI 7675:1977	Prodotti finiti di acciaio non legato trafilati. Fili per cemento armato precompresso.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

UNI 7676:1977                      Funi spiroidali di acciaio non legato. Trefoli a 7 fili per cemento armato precompresso.

UNI 7690:1977                      Funi spiroidali di acciaio non legato. Formazione, dimensioni e caratteristiche tecniche.

DIN:

DIN 18553                              Requisiti per le guaine protettive

BS:

BS 5896:1980                        Specification for high tensile steel wire and strand for the prestressing of concrete

BS 4486:1980                        Specification for hot rolled and hot rolled and processed high tensile alloy steel bars for the prestressing of concrete

BS 4447:1973                        Specification for the performance of prestressing anchorages for post-tensioned construction

BS 5896:1980                        Specification for high tensile steel wire and strand for the prestressing of concrete

BS 4486:1980                        Specification for hot rolled and hot rolled and processed high tensile alloy steel bars for the prestressing of concrete

#### **4.1.4           Terminologia**

##### **4.1.4.1       Terminologia specifica per le opere in cemento armato**

Nel seguito sono riportate alcune principali definizioni specifiche dei materiali e delle operazioni riguardanti il calcestruzzo per le opere in c.a. e c.a.p.

Acqua di impasto:                      acqua introdotta nella betoniera (esclusa quella eventualmente presente sulla superficie degli inerti o negli additivi).

Acqua essudata (bleeding):            acqua che si raccoglie sulla superficie della calcestruzzo dopo il getto

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Acqua totale:	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 e l'acqua derivante da un'eventuale aggiunta di ghiaccio o da riscaldamento mediante vapore.
Additivi:	prodotti organici e/o inorganici, che aggiunti al calcestruzzo prima o durante la miscelazione o durante una mescolazione supplementare, inducono le richieste modifiche delle proprietà del calcestruzzo.
Aggiunte:	materiali inorganici finemente suddivisi che possono essere aggiunti al calcestruzzo per modificarne le caratteristiche o per ottenerne di speciali. Esistono due tipi di aggiunte: quelle praticamente inerti (tipo I) e quelle pozzolaniche o con proprietà idrauliche latenti (tipo II).
Aggregato (o inerte):	componente del calcestruzzo costituito da elementi lapidei integri o frantumati, naturali o artificiali, aventi forma e dimensioni consone alla confezione del calcestruzzo; si definisce "sabbia" l'aggregato fine con dimensione minore di 5 mm ed "aggregato grosso" quello con dimensione maggiore di 5 mm.
Calcestruzzo a prestazione garantita	calcestruzzo del quale si prescrivono le prestazioni richieste e le caratteristiche addizionali e della cui fornitura il produttore è responsabile per la conformità alle prestazioni e alle caratteristiche addizionali.
Calcestruzzo fresco:	calcestruzzo allo stato plastico, che può ancora essere compattato con metodi normali.
Calcestruzzo indurito:	calcestruzzo che è già indurito ed ha sviluppato una certa resistenza.
Impasto:	quantità di calcestruzzo confezionato in un ciclo di operazioni di miscelazione, oppure quantità di calcestruzzo preconfezionato trasportato da un veicolo.
Prove preliminari di qualificazione:	prove da condurre prima dell'impiego del calcestruzzo, al fine di determinare la composizione migliore in grado di soddisfare

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

tutti i requisiti compositivi e prestazionali sia allo stato fresco sia indurito, tenuto conto dei materiali costituenti da utilizzare e delle particolari condizioni di impiego.

Rapporto acqua/cemento  
(abbreviato: a/c)

rapporto tra la massa dell'acqua totale e la massa del cemento nel calcestruzzo.

## 4.2 Acciai per cemento armato

### 4.2.1 Terminologia

Barra di armatura

La barra di armatura è una barra di acciaio laminato a caldo o lavorato a freddo o un filo ridotto a freddo.

Manicotto di giunzione

Il connettore meccanico è un accoppiatore o manicotto progettato per trasmettere la forza tra due barre in trazione o in compressione.

### 4.2.2 Materiali

#### 4.2.2.1 Armature per cemento armato

L'acciaio per armature lente dovrà essere del tipo ad aderenza migliorata. [B450C conforme alla EN10080](#) e dovrà soddisfare tutti i requisiti richiesti dal D.M. 9.1.1996 per i vari tipi di armatura, e delle norme UNI EN 10002/1-5, UNI 564. Gli acciai saldabili per armature dovranno essere del tipo Fe 430 S, Fe 460 S, Fe 500 S, idonei ad essere saldati con i più comuni procedimenti di saldatura secondo quanto stabilito nella ISO 4063.

Per i requisiti qualitativi minimi e in particolare per le limitazioni sul contenuto percentuale di C, P, S, N e del carbonio equivalente  $C_{eq}$  forniti dalle analisi chimiche su colata e su prodotto finito, si rimanda al D.M. LL.PP. 9.1.1996 punto 2.2.6.

Potranno essere previsti trattamenti protettivi contro la corrosione, che non incidano negativamente sulle caratteristiche meccaniche del materiale né sull'aderenza acciaio-calcestruzzo.

I raggi di piegatura delle barre dovranno essere specificati in progetto e commisurati, in relazione al diametro della barra, sia alla duttilità dell'acciaio, sia alla resistenza del calcestruzzo.

La distanza minima tra barre singole dovrà risultare almeno uguale al maggiore dei seguenti valori:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- 2 cm;
- 1 volta il diametro del cerchio circoscritto alla maggiore barra adiacente;
- 1,2 volte il diametro massimo dell'aggregato.

Il copriferro minimo delle armature, che non siano dotate di apposito trattamento di protezione, dovrà essere non minore di 6 cm per le strutture interrate e di 4 cm per quelle in elevazione, salvo indicazione contraria nei disegni esecutivi approvati.

Le giunzioni delle barre dovranno essere tutte indicate in progetto ed eseguite mediante sovrapposizione, accoppiatori meccanici o saldatura di cui dovrà essere documentata la realizzabilità, la compatibilità con gli eventuali trattamenti protettivi e la efficienza statica.

#### **4.2.2.1.1 Deroga alle limitazioni dimensionali**

Le limitazioni riguardanti i massimi diametri ammessi non si applicano alle armature ad aderenza migliorata, destinate a strutture in conglomerato cementizio armato di particolari caratteristiche e dimostrate esigenze costruttive.

L'impiego di tali armature di maggior diametro deve essere autorizzato, a norma del D.M. 9.1.96, dal Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici, sentito il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Potranno impiegarsi barre di maggior diametro, fino ad 80 mm, con caratteristiche di resistenza, snervamento, duttilità analoghe a quelle degli acciai Fe B 38k e Fe B 44k, purché ne venga documentata la capacità di aderenza con il calcestruzzo e le modalità di giunzione.

Dovrà essere garantita la saldabilità dell'acciaio in relazione al procedimento di saldatura se previsto in progetto.

#### **4.2.2.2 Armature in acciaio [AISI 316L](#)**

E' consentito l'utilizzazione di acciai inossidabili. Le procedure adottate per le saldature dovranno essere idonee alla composizione dell'acciaio e dovranno assicurare il minimo deterioramento della resistenza alla corrosione. Dette procedure dovranno essere approvate dalla Direzione Lavori.

#### **4.2.2.3 Rivestimenti epossidici per armature**

I rivestimenti epossidici per armature e i materiali di correzione per rivestimenti epossidici devono essere conformi a ASTM A775M, salvo quanto specificato ai paragrafi 4.2.3.1 e 4.2.6.1. I rivestimenti devono venire applicati con metodo di spruzzo elettrostatico in conformità a ASTM

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

A775M in un'officina autorizzata dalla Direzione Lavori.

Lo spessore della pellicola del rivestimento dopo la stagionatura dovrà essere di almeno 0,15 mm e non dovrà superare 0,25 mm sull'intera circonferenza, comprese deformazioni e nervature. La classificazione di aderenza di barre rivestite determinata nelle prove di adesione non sarà inferiore rispetto a quella delle barre non rivestite.

#### **4.2.2.4 Zincatura per armature**

La zincatura per armature sarà conforme a UNI EN ISO 1461:1999. L'armatura zincata sarà in acciaio cromato appositamente trattato quale parte del processo di zincatura, raffreddando le barre subito dopo la zincatura in una soluzione contenente almeno 0,2% di bicromato di sodio in acqua. La zincatura sarà applicata dopo il taglio e la piegatura dell'armatura. La zincatura di barre per armatura prodotte mediante il processo di raffreddamento auto-temprato non sarà ammessa.

La vernice di fondo metallizzata ad alto tenore di zinco per lavori di riparazione su armature zincate sarà conforme a BS 4652:1995.

#### **4.2.2.5 Manicotti**

I manicotti rientreranno in una gamma depositata, approvata dalla Direzione Lavori e/o dal Committente.

I manicotti per giunti di trazione dovranno essere stampati a freddo o filettati. Essi saranno in grado di sviluppare la completa resistenza a trazione della barra accoppiata e comprenderanno pioli in acciaio a alta resistenza e tubi in acciaio senza giunzioni protetti con appositi cappucci di plastica di protezione.

I manicotti per giunti di compressione saranno del tipo con chiusura a cuneo o bullonato.

Il manicotto dovrà essere un tubo d'acciaio al carbonio senza giunzioni, normalizzato al silicio e alluminio per prevenire l'invecchiamento in servizio.

#### **4.2.2.6 Distanziatori per copriferro**

I distanziatori per copriferro per armatura saranno costituiti da blocchi di calcestruzzo o in plastica e dovranno rientrare nella gamma approvata dalla Direzione Lavori.

I distanziatori per copriferro per armature rivestite con resine epossidiche e armature zincate

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dovranno essere in plastica e approvati dalla Direzione Lavori.

I distanziatori per copriferro dovranno avere la minima dimensione atta allo scopo stabilito e saranno progettati per mantenere il copriferro prescritto per le armature. I distanziatori per copriferro saranno atti a sopportare il peso dei carichi di armatura e costruzione senza rotture, deformazioni o ribaltamenti, e verranno fissati in modo tale da essere incassati correttamente nel calcestruzzo.

Le caratteristiche di resistenza e durabilità dei distanziatori in calcestruzzo non dovranno essere inferiori a quelle del calcestruzzo in cui saranno annegati.

Laddove si richieda filo metallico per legatura per collegare i distanziatori all'armatura, questo dovrà essere in accordo a quanto descritto al paragrafo 4.2.2.8.

#### **4.2.2.7 Barre di supporto, altri tipi di supporto e distanziatori**

Le barre di supporto, gli altri tipi di supporti e i distanziatori, fatta eccezione per i distanziatori per copriferro per armatura, dovranno essere in acciaio. L'acciaio dovrà essere rivestito di nylon, resina epossidica, plastica o altro materiale dielettrico per armatura rivestita di resina epossidica e dovrà essere zincato per armatura zincata.

#### **4.2.2.8 Fili metallici per legature**

Il filo metallico per legature di armature sarà costituito da acciaio inossidabile con diametro 1,2 mm. Il filo metallico per legature per armatura rivestita con resine epossidiche dovrà essere un filo d'acciaio zincato ricotto completamente con diametro 1,6 mm. Il filo metallico per legature per altre armature dovrà essere un filo d'acciaio ricotto completamente con diametro 1,6 mm.

#### **4.2.2.9 Dispositivi di legatura e graffette**

I dispositivi di legatura e le graffette rientreranno nella gamma dell'acciaio brevettato approvato dalla Direzione Lavori. I dispositivi di legatura e le graffette dovranno essere in acciaio inossidabile. I dispositivi di legatura e le graffette per armatura rivestita di resina epossidica dovranno essere rivestiti di nylon, resina epossidica, plastica o altro materiale dielettrico. I dispositivi di legatura e le graffette per armatura zincata dovranno essere zincati.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 4.2.3 Documentazione da presentare

#### 4.2.3.1 Particolari di rivestimenti epossidici per armature

Dovranno essere soggetti alla approvazione della Direzione Lavori i seguenti particolari dei rivestimenti epossidici proposti per l'armatura:

- a. nome e ubicazione dell'officina ove il rivestimento verrà applicato,
- b. il materiale di rivestimento e le modalità di applicazione,
- c. un certificato del produttore con indicazione della data e località di applicazione del rivestimento e attestazione che i rivestimenti ottemperano alle prescrizioni stabiliti nel Contratto, nonché certificati relativi a:

- Spessore del rivestimento
- Resistenza chimica
- Resistenza a voltaggio applicato
- Permeabilità ai cloruri
- Adesione del rivestimento
- Resistenza di adesione al calcestruzzo
- Resistenza all'abrasione
- Impatto/Urto
- Durezza

I suddetti certificati devono essere sottoposti alla Direzione Lavori con almeno 14 giorni di anticipo sulla prima consegna in cantiere di armature rivestite con resine epossidiche. I certificati devono essere sottoposti alla Direzione Lavori per ogni lotto di armatura rivestita consegnato in cantiere con un anticipo di almeno 14 giorni rispetto alla posa in opera della armatura rivestita.

#### 4.2.3.2 Particolari di rivestimenti zincati per l'armatura

Dovranno essere sottoposti ad approvazione della Direzione Lavori i seguenti particolari dei rivestimenti zincati proposti per l'armatura:

- a. nome e ubicazione dell'officina ove il rivestimento verrà applicato
- b. un certificato del produttore con indicazione della data e della località di applicazione del rivestimento e dichiarazione che i rivestimenti a zinco ottemperano ai requisiti richiesti nei Capitolati Tecnici di Contratto con riferimento a:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Peso del rivestimento
- Uniformità del rivestimento.

I particolari devono essere sottoposti alla Direzione Lavori per ogni lotto di armatura zincata consegnato in cantiere con un anticipo di almeno 14 giorni, o di quanto prescritto nei Capitolati Tecnici di Contratto, rispetto alla posa in opera dell'armatura.

#### **4.2.3.3 Particolari di manicotti**

I particolari per i materiali e le modalità d'installazione proposte per i manicotti, ivi compresa la documentazione del produttore, saranno sottoposti alla Direzione Lavori con un anticipo di almeno 28 giorni rispetto all'inizio della posa in opera degli stessi, o secondo quanto prescritto nei Capitolati Tecnici di Contratto.

E' consentito l'impiego di manicotti di tipo speciale, purché il tipo stesso sia stato preventivamente approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, secondo quanto previsto dal D.M. LL.PP. 9.1.1996.

#### **4.2.3.4 Tabelle dei tagli e delle piegature delle barre**

Le tabelle dei tagli e piegature delle barre corrispondenti ai disegni esecutivi dell'armatura dovranno essere redatte dal Contraente Generale in conformità alle norme e sottoposte alla Direzione Lavori prima di dare inizio al taglio e piegatura delle barre.

Dette tabelle dovranno indicare il numero, la forma e la lunghezza totale delle barre prima della piegatura, nonché il peso totale per ciascuna dimensione. Il Contraente Generale dovrà inoltre provvedere alla preparazione di ulteriori tabelle relative alla piegatura di ferri complementari, quali distanziatori, supporti ed altri pezzi simili, indicando il numero richiesto, la forma e la lunghezza totale dei ferri prima della piegatura.

#### **4.2.3.5 Campioni dei materiali**

Saranno sottoposti alla Direzione Lavori, contemporaneamente ai particolari, campioni dei seguenti materiali proposti:

- a. barre e reti di armatura
- b. barre e reti rivestite con resina epossidica
- c. barre e rete d'armatura rivestite di zinco

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- d. connettori meccanici per giunzioni di trazione e di compressione
- e. distanziatori per copriferro
- f. filo metallico per legatura, dispositivi di legatura e graffette.

#### **4.2.4 Movimentazione e stoccaggio dei materiali**

##### **4.2.4.1 Movimentazione dell'armatura**

L'armatura dovrà essere movimentata con cura evitando gli urti.

Per sollevare armatura rivestita di resina epossidica o zinco si utilizzeranno fasce di sollevamento imbottite o in nylon o corda; per il sollevamento delle barre dovrà essere utilizzata una trave di sostegno ovvero esse dovranno essere sollevate attraverso più punti onde evitare l'abrasione.

##### **4.2.4.2 Stoccaggio dell'armatura**

L'armatura sarà stoccata fuori terra su appoggi a livello uniforme in maniera che non si abbiano danni e deformazioni dell'armatura. Le reti d'armatura saranno stoccate in posizione orizzontale.

Lotti, tipi e dimensioni di armatura tra loro differenti saranno stoccati separatamente.

L'immagazzinamento dovrà essere tale da proteggere le barre dalla sporcizia e dalla corrosione.

Le barre in acciaio che devono sostare in cantiere per un lungo periodo di tempo dovranno essere immagazzinate sotto una tettoia.

Tutte le barre di acciaio, compresi gli elementi piegati e tagliati, dovranno essere trasportati ed immagazzinati in modo tale che l'esposizione all'acqua ed agli spruzzi salmastri sia ridotta al minimo. Le armature esposte a tali azioni dovranno essere accuratamente lavate con acqua fresca.

Le armature non dovranno essere stoccate in adiacenza o sopra superfici di calcestruzzo che fanno parte delle opere permanenti.

Le armature rivestite di resina epossidica o zinco verranno stoccate su un appoggio costituito da barre imbottite o di legname.

##### **4.2.5 Taglio e piegatura dell'armatura**

Non si potranno effettuare tagli o piegature delle barre di acciaio fino a quando non sarà stato ultimato il controllo del materiale consegnato.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

L'armatura sarà tagliata e piegata in conformità alle norme secondo le forme e dimensioni prescritte e sarà piegata ad una temperatura non inferiore a 5 °C e non superiore a 100 °C.

L'armatura rivestita di resina epossidica dovrà essere piegata a freddo. L'attrezzatura per il taglio e la piegatura delle barre per armatura rivestita di resina epossidica dovrà avere supporti impermeabili e le zone di contatto dovranno essere dotate di nylon o mandrini in plastica.

L'armatura non dovrà essere ripiegata o raddrizzata dopo la piegatura.

Le estremità delle barre da utilizzare con i connettori meccanici per i giunti di compressione dovranno essere tagliate trasversalmente e le irregolarità dovranno essere rimosse.

Per barre di acciaio incrudito a freddo le piegature non dovranno essere effettuate a caldo.

Gli ancoraggi dovranno rispondere alle prescrizioni del paragrafo 4.2.13.

#### **4.2.6 Condizione della superficie dell'armatura**

L'armatura dovrà risultare pulita al momento della posa in opera e dovrà risultare priva di scaglie di laminazione sciolte, polvere di ruggine o qualsiasi altra sostanza che a giudizio della Direzione Lavori può ridurre l'aderenza o influire chimicamente sull'armatura o sul calcestruzzo; l'armatura dovrà essere mantenuta in questa condizione fino alla posa del calcestruzzo intorno ad essa.

Se la condizione della superficie dell'armatura si deteriora in modo non conforme ai requisiti sopra specificati, l'armatura dovrà essere pulita o trattata mediante metodi approvati dalla Direzione Lavori.

##### **4.2.6.1 Lavori di riparazione su rivestimenti epossidici e rivestimenti zincati**

Se il rivestimento dell'armatura rivestita di resina epossidica o zincata è danneggiato:

- a. in qualunque sua parte con un'area superiore a 25 mm<sup>2</sup> o per una lunghezza superiore a 50 mm;
- b. in più di tre punti su una lunghezza di 1 m in un'area non superiore a 25 mm<sup>2</sup> o una lunghezza non superiore a 50 mm,

quella parte dell'armatura non dovrà essere utilizzata nell'opera permanente.

Se il rivestimento dell'armatura rivestita di resina epossidica o armatura zincata è danneggiato in più di sei punti nella lunghezza di una barra tagliata e piegata e i singoli danni hanno un'area non superiore ai 25 mm<sup>2</sup> o una lunghezza non superiore a 50 mm, tale lunghezza della barra non dovrà essere utilizzata nell'opera permanente.

Aree danneggiate non superiori ai 25 mm<sup>2</sup> o con una lunghezza non superiore a 50 mm e le

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

estremità di taglio dell'armatura rivestita di resina epossidica dovranno essere riparate mediante materiali di correzione applicati in conformità ai suggerimenti della casa produttrice.

Aree danneggiate non superiori ai 25 mm<sup>2</sup> o con una lunghezza non superiore a 50 mm e le estremità di taglio dell'armatura zincata dovranno essere riparate mediante applicazione di due strati di vernice di fondo metallizzata ad alto tenore di zinco. Dovrà essere applicata una quantità di vernice sufficiente per fornire un rivestimento di zinco avente almeno lo stesso spessore del rivestimento zincato.

I lavori di riparazione per rivestimenti epossidici e zincati dovranno essere effettuati entro 8 ore dal taglio o dal verificarsi del danno. Tracce di ruggine dovranno essere rimosse dalla superficie dell'armatura prima di eseguire i lavori di riparazione.

#### **4.2.7 Posa in opera dell'armatura**

Si rimanda in generale a quanto prescritto nel documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie" e si prescrive inoltre quanto di seguito specificato.

Le barre e le reti di armatura e i connettori meccanici per giunti di trazione di ciascun lotto non dovranno essere messi in opera fino al termine della verifica del lotto.

Prima di essere posizionate nella cassaforma, le barre dovranno essere accuratamente pulite e liberate da residui di ruggine, lubrificanti, terriccio, calcestruzzo indurito o malta e da altre impurità.

L'armatura dovrà essere fissata rigidamente in posizione per evitare spostamenti durante il getto.

Per impedire che l'armatura si muova, dovrà essere legato un numero sufficiente di barre di intersezione e di sovrapposizione mediante filo metallico per legature, dispositivi di legatura o graffette. Le estremità di filo metallico per legature, dispositivi di legatura e graffette non dovranno invadere il copriferro dell'armatura.

Sovrapposizioni e giunzioni nell'armatura dovranno essere formate esclusivamente nelle posizioni e secondo i metodi specificati.

L'ubicazione dei giunti lungo le barre continue, non prevista dai disegni, dovrà essere presentata all'approvazione della Direzione Lavori.

Dovrà essere previsto un numero sufficiente di distanziatori per copriferro, barre di montaggio, supporti e altri distanziatori per mantenere l'armatura nella posizione corretta e per mantenere il copriferro nelle posizioni stabilite. I distanziatori per copriferro, le barre di montaggio, i supporti e altri distanziatori dovranno essere posizionati a un interasse massimo di 1,5 m. Le barre di montaggio, i supporti e gli altri distanziatori dovranno essere posizionati accanto o sopra i

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

distanziatori per copriferro e dovranno avere almeno lo stesso copriferro prescritto per l'armatura. Prima di essere sollevate, le gabbie delle armature prefabbricate dovranno essere opportunamente controventate e fissate.

L'armatura a sbalzo dovrà essere fissata in posizione per evitare il movimento dovuto al vento o altri carichi.

Le armature indicate nei disegni hanno funzione meramente simbolica per quanto riguarda forma e posizione e non dovranno essere usate dal Contraente Generale per giustificare eventuali deviazioni dai requisiti previsti (protezione, forma, ecc.).

#### **4.2.7.1 Posa in opera dei manicotti**

I manicotti dovranno essere posati in opera in conformità ai suggerimenti della casa produttrice e mediante attrezzature raccomandate dalla casa produttrice.

#### **4.2.7.2 Saldatura dell'armatura**

L'armatura non dovrà essere saldata salvo approvazione della Direzione Lavori, nel qual caso dovrà essere eseguita in conformità a quanto esposto al paragrafo 4.2.12.1 e successivi.

#### **4.2.7.3 Armatura d'attesa**

L'armatura d'attesa dovrà essere protetta con un rivestimento di boiacca di cemento o mediante altri metodi approvati dalla Direzione Lavori.

#### **4.2.7.4 Accesso all'armatura**

L'armatura non dovrà essere danneggiata o spostata a seguito di accesso sopra l'armatura; l'accesso sarà possibile mediante tavole e scale o altri metodi approvati dalla Direzione Lavori.

#### **4.2.8 Tolleranze per le armature**

Le tolleranze di taglio e piegatura dell'armatura dovranno essere conformi alle norme.

Il copriferro dell'armatura non dovrà deviare più di 5 mm dal copriferro prescritto, salvo che il copriferro prescritto si riferisca al valore minimo.

La tolleranza sull'interasse delle barre principali sarà il minore tra  $\pm 10$  mm e il 10% dell'interasse prescritto.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La tolleranza sull'interasse delle barre in acciaio adoperate per i grigliati nel piano della griglia sarà il minore tra 20 mm e il 10% dell'interasse prescritta; in ogni caso il quantitativo delle barre per metro non dovrà essere inferiore a quello stabilito dai disegni.

#### **4.2.9 Preparazione delle armature prima del getto del calcestruzzo**

Il getto di calcestruzzo non potrà avere inizio prima che si sia proceduto alla pulizia ed alla rimozione totale di ogni sporcizia, residuo di malta, ecc. dalle barre di acciaio e da tutte le parti strutturali che devono essere inserite nel calcestruzzo.

La gabbia di armatura non dovrà avere alcun contatto metallico con gli inserti di acciaio che fuoriescono dalla superficie in calcestruzzo.

Al fine di evitare la corrosione dei punti di contatto, le parti strutturali zincate, inserite nel calcestruzzo, non dovranno avere contatti metallici con l'armatura.

Il lavoro relativo alla posa delle armature dovrà essere ultimato completamente nella parte della struttura da gettare, prima che abbia inizio il getto stesso del calcestruzzo. Fa eccezione la preparazione dell'armatura in una cassaforma rampante.

Prima dell'inizio del getto del calcestruzzo, la Direzione Lavori dovrà avere a disposizione tutto il tempo necessario per esaminare il lavoro delle armature ultimato. Nel caso di casseforme rampanti, il controllo avverrà durante la fase del getto.

Subito dopo l'ultimazione del getto del calcestruzzo, si dovrà procedere alla pulizia ed alla protezione di tutte le barre di acciaio sporgenti, allo scopo di evitare la formazione di ruggine e lo scolorimento delle superfici in calcestruzzo visibili.

Non è consentito l'uso di oli e grassi. Le misure di protezione dovranno essere sottoposte all'approvazione della Direzione Lavori.

#### **4.2.10 Ispezione dell'armatura**

Il Contraente Generale permetterà alla Direzione Lavori di ispezionare l'armatura ultimata prima di eseguire qualunque lavorazione che renda difficile l'accesso all'armatura stessa, compreso il montaggio della cassatura accanto all'armatura. Il Contraente Generale informerà la Direzione Lavori circa l'esecuzione di dette lavorazioni con un anticipo di 24 ore, o con un anticipo minore convenuto con la Direzione Lavori.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.2.11 Controlli sulle armature

Saranno effettuati controlli sulle armature secondo quanto prescritto dal D.M. 9.1.1996 (Parte Prima punto 2.2.8. e allegati 4, 5 e 6).

Si definisce lotto di barre, reti o connettori meccanici per giunti di trazione una qualsiasi quantità di barre, reti o connettori meccanici per giunti di trazione dello stesso tipo, dimensione e grado, prodotta dallo stesso laminatoio, coperta dagli stessi certificati di collaudo e consegnata al Cantiere nella stessa spedizione. Per le armature rivestite di resina epossidica e per armature zincate, i rivestimenti dovranno essere applicati nella stessa officina e dovranno essere coperti dagli stessi certificati di collaudo.

Il prelievo dei campioni e le prove saranno effettuate secondo la norma UNI 10080:1997 e CNR-UNI 10020:1971.

Ciascun campione di reti di armatura dovrà essere sottoposto a prove per determinare la resistenza a taglio della saldatura. Ciascun campione di armatura rivestita di resina epossidica dovrà essere sottoposto a prove per determinare lo spessore, l'aderenza e la continuità del rivestimento. Ciascun campione di armatura zincata dovrà inoltre essere sottoposto a prova per determinare il peso e l'uniformità del rivestimento.

Le proprietà meccaniche dell'armatura dovranno essere determinate in conformità a EN 10002/1:1992, UNI 564:1960, UNI 10080:1997, salvo diversamente indicato nel documento.

Dopo le prove di piegatura e ripiegatura la barra non deve presentare crepe.

Ciascun campione di connettori meccanici per giunti di trazione dovrà essere sottoposto a prove per accertare la resistenza alla trazione e lo slittamento tra il connettore meccanico e le barre collegate.

Dovrà essere eseguita una idonea prova a fatica ai connettori qualora i connettori vengano utilizzati in zone della struttura soggette a significativi carichi di fatica.

Il numero di prove su ciascun campione dovrà essere conforme a quanto indicato nella Tabella 2.

Il metodo di prova dovrà essere conforme a quanto specificato nelle norme UNI più aggiornate.

Il metodo di prova per i rivestimenti epossidici dovrà essere conforme a ASTM A775, salvo che la prova per l'aderenza del rivestimento venga eseguita su piegature di 180° per creare raggi in conformità al D.M. 9.1.1996; le piegature dovranno essere eseguite con una velocità uniforme e dovranno essere completate entro 15 secondi senza danni visibili al rivestimento.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.2.11.1 Prove di aderenza delle barre

Le barre ed i fili trafilati ad aderenza migliorata devono superare con esito positivo le prove di aderenza secondo il metodo "Beam test" da eseguirsi presso un Laboratorio Ufficiale secondo le modalità specificate nella CNR-UNI 10020:1971.

Non è richiesta la ripetizione delle prove di aderenza per le singole partite, quando se ne possa determinare la rispondenza nei riguardi delle caratteristiche e delle misure geometriche con riferimento alla serie di barre che hanno superato le prove stesse con esito positivo.

#### 4.2.11.2 Criteri di conformità: rivestimenti epossidici per armature

I risultati delle prove per spessore, aderenza e continuità dei rivestimenti epossidici per armature dovranno risultare conformi alle seguenti specifiche:

- a. Almeno il 90% delle misure prese per determinare lo spessore del rivestimento dovranno essere comprese entro i limiti specificati. Lo spessore del rivestimento dovrà essere di almeno 0,10 mm e non dovrà superare 0,30 mm in ogni sua parte, fatta eccezione per le zone riparate del rivestimento.
- b. Incrinature o perdite di adesione del rivestimento non saranno visibili ad occhio nudo in qualsiasi punto della barra piegata.
- c. La continuità del rivestimento dovrà essere conforme a ASTM A775, Punto 7.2.

#### 4.2.11.3 Criteri di conformità: connettori meccanici per giunti di trazione

I risultati delle prove di trazione su campioni di connettori meccanici per giunti di trazione dovranno essere conformi alle seguenti specifiche:

- a. La resistenza alla trazione non dovrà essere inferiore alla resistenza prescritta per la barra giuntata.
- b. Lo slittamento tra connettore meccanico e barre giuntate non dovrà superare 0,2 mm in 2 minuti alla resistenza caratteristica specificata. Il metodo di misurazione dello slittamento dovrà essere concordato dalla Direzione Lavori e dal Contraente Generale prima della prova.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Tabella 2 - Numero di prove su ciascun campione di armatura**

Descrizione	Tipo e numero di prove		
	Trazione	Spessore, aderenza & continuità	Peso e uniformità del rivestimento zincato
Rivestimento epossidico	-	2	-
Rivestimento zincato	-	-	2
Connettori meccanici per giunti di trazione	3	-	-

#### **4.2.11.4 Criteri di accettazione relativi a spessore, aderenza e continuità dei rivestimenti epossidici**

Se il risultato di qualsiasi prova per spessore, aderenza o continuità dei rivestimenti epossidici per armature non risultasse conforme alle prescrizioni, sarà necessario fornire ulteriori campioni dallo stesso lotto ed eseguire prove supplementari. Il numero di campioni supplementari dovrà essere pari al numero previsto per un nuovo controllo dalla normativa già citata.

Il numero di provini in ciascun campione supplementare dovrà corrispondere a quanto di seguito riportato:

- a) barre di armatura rivestite di resina epossidica: 4
- b) reti di armatura rivestite di resina epossidica: 2

Il numero di prove su ciascun campione supplementare dovrà essere pari a 4.

Il lotto dovrà essere considerato non conforme qualora il risultato di qualsiasi prova supplementare non sia conforme alle prescrizioni.

#### **4.2.11.5 Criteri di accettazione relativi a peso e uniformità dei rivestimenti zincati**

Se il risultato di qualsiasi prova per peso o uniformità dei rivestimenti zincati per armature non risultasse conforme alle prescrizioni, sarà necessario fornire ulteriori campioni dallo stesso lotto ed eseguire prove supplementari. Il numero di campioni supplementari dovrà essere pari al numero previsto per un nuovo controllo dalla normativa già citata.

Il numero di provini in ciascun campione supplementare dovrà corrispondere a quanto di seguito

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

riportato:

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| a) Barre di armatura zincate: | 4 |
| b) Reti di armatura zincate:  | 2 |

Il numero di prove su ciascun campione supplementare dovrà essere pari a 4.

Il lotto dovrà essere considerato non conforme qualora il risultato di qualsiasi prova supplementare non sia conforme alle prescrizioni.

#### **4.2.11.6 Criteri di accettazione relativi al cedimento dei manicotti**

Se il risultato di qualsiasi prova di cedimento dei connettori meccanici per giunti di trazione non fosse conforme alle prescrizioni, sarà necessario fornire ulteriori campioni dallo stesso lotto ed eseguire prove supplementari di cedimento. Il numero di campioni supplementari dovrà essere pari al numero previsto per un nuovo controllo dalla normativa già citata.

Il numero di provini in ciascun campione supplementare dovrà essere pari a 6.

Il numero di prove su ciascun campione supplementare dovrà essere pari a 6.

Il lotto dovrà essere considerato non conforme per lo slittamento qualora il risultato di qualsiasi prova supplementare non sia conforme alle prescrizioni per lo slittamento.

#### **4.2.12 Giunzioni**

Le giunzioni delle barre sono ammesse solo dove indicato nei disegni progettuali approvati.

A seconda di quanto indicato nei disegni progettuali, le giunzioni possono essere dei seguenti tipi:

- Giunzioni mediante saldature eseguite in conformità alle norme in vigore sulle saldature. Devono essere accertate la saldabilità degli acciai da impiegare come indicato al paragrafo 4.2.12.1.2 nonché la compatibilità fra metallo e metallo di apporto nelle posizioni o condizioni operative previste nel Progetto Esecutivo;
- Giunzioni con manicotto filettato;
- Giunzioni per sovrapposizione delle barre.

##### **4.2.12.1 Giunzioni mediante saldatura**

La saldatura delle barre in acciaio è soggetta all'approvazione del Committente, sulla base della

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

documentazione dettagliata presentata dal Contraente Generale.

La saldatura comprende anche la "saldatura puntata".

La saldatura delle armature, con o senza trasmissione di carichi, e la saldatura delle armature ad altre parti in acciaio, ad esempio elementi di collegamento, potranno essere eseguite solo nell'apposito cantiere o in officina.

La saldatura delle armature potrà essere eseguita solo in officine ben attrezzate, in grado di dimostrare di avere un'ampia esperienza nel ramo specifico e che si avvalgano di personale altamente qualificato nei campi della saldatura, delle verifiche e delle prove.

Nel programma di garanzia della qualità dovranno essere forniti tutti i particolari relativi alle officine.

Di norma non sarà accettata l'esecuzione di saldature nei luoghi in cui le armature dovranno essere posizionate. Comunque, nel caso in cui il Contraente Generale dovesse creare le condizioni per l'esecuzione di tale lavoro, la Direzione Lavori può accettare la saldatura in cantiere. Il Contraente Generale deve preventivamente eseguire prove di qualificazione dei saldatori e dei procedimenti di saldatura proposti secondo le norme UNI.

#### **4.2.12.1.1 Modalità di saldatura**

Sono ammesse le seguenti modalità di saldatura, secondo quanto stabilito nella ISO 4063-1998:

- a. Saldatura di testa a scintillio. Solo per le staffe.
- b. Saldatura ad arco manuale con elettrodo coperto.
- c. Saldatura GIM (Gas Inerte per Metalli).
- d. Saldatura GAM (Gas Attivo per Metalli) con CO<sub>2</sub> (o mista con gas protettivi).

Le barre da giuntare devono essere accostate di testa senza alcuna puntatura, con interspazio compreso tra 5 mm e 10 mm; due spezzoni di barre dello stesso tipo o diametro, della lunghezza minima ciascuna di 6 volte il diametro stesso, devono essere accostati, simmetricamente, all'intestatura delle barre.

La saldatura tra le barre e gli spezzoni deve essere realizzata, per tutta la lunghezza dei tratti sovrapposti, su entrambi i lati, ottenendo così otto cordoni di saldatura.

Il Contraente Generale deve preventivamente sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori:

- il procedimento di saldatura che intende eseguire in relazione alle caratteristiche dell'acciaio;
- il tipo degli elettrodi;
- la generalità e la qualifica dei saldatori.

La saldatura delle barre in acciaio non dovrà essere eseguita con temperature ambientali tali da

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

produrre un'influenza negativa sulla qualità delle saldature.

In generale, la temperatura delle barre e quella delle zone circostanti dovrà essere superiore a 0°C.

Le barre piegate a freddo non dovranno essere saldate vicino alla piegatura. Al momento dell'esecuzione della saldatura, l'armatura dovrà essere esente da residui di ruggine e umidità sulla zona della saldatura.

Le barre d'armatura da saldare dovranno essere in stretto contatto tra di loro al momento dell'operazione.

I residui lasciati dalla saldatura ad arco dovranno essere rimossi con smerigliatura a mano o a macchina.

#### **4.2.12.1.2 Prescrizione per materiali**

Gli acciai saldabili (punto 4.2.2.1.2) saranno oggetto di apposita marchiatura depositata.

Sono proibite le giunzioni mediante saldatura in opera o fuori opera, nonché il fissaggio delle gabbie di armatura tramite punti di saldatura per tutti i tipi di acciaio per i quali il produttore non abbia garantito la saldabilità.

#### **4.2.12.1.3 Programma delle operazioni di saldatura**

Per tutte le saldature, dovrà essere elaborata una specifica della procedura di saldatura in ottemperanza a quanto stabilito dal D.M. 9.1.1996.

Il Contraente Generale dovrà eseguire prove preventive nell'officina del cantiere oltre alle prove relative alle procedure da adottare, a dimostrazione che la sollecitazione di snervamento, il carico di rottura a tensione, l'allungamento uniformemente distribuito, le caratteristiche di flessione e la resistenza a fatica sono conformi ai requisiti; inoltre il Contraente Generale dovrà documentare che non si sono verificate inosservanze dal punto di vista metallurgico, né difetti geometrici di saldatura.

Il programma redatto dal Contraente Generale in conformità al piano generale di garanzia della qualità dovrà comprendere un piano per il controllo delle saldature ed un piano di prove di saldatura, dovrà essere sottoposto all'approvazione del Committente.

Prima dell'inizio delle operazioni, tutti i saldatori si dovranno sottoporre a prove di prequalificazione ed ottenere risultati soddisfacenti.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.2.12.1.4 Ispezioni e verifiche

Al momento dell'ispezione il Contraente Generale dovrà controllare che siano state eseguite tutte le saldature, che le posizioni delle saldature corrispondono a quelle indicate nei disegni e che nessuna delle saldature presenti difetti visibili importanti.

Inoltre, dovrà essere effettuato un controllo del 5% di tutte le saldature eseguite tramite ispezione visiva e prove distruttive e non distruttive. Le saldature non dovranno presentare screpolature; il requisito della qualità deve essere basato sul confronto con le prove di riferimento.

Tuttavia, per quanto riguarda le reti o le gabbie delle armature, il numero delle prove distruttive e di quelle non distruttive alle quali vanno sottoposte le puntature può essere ridotto, purché il controllo della produzione del Contraente Generale garantisca che la qualità delle saldature non ne risulti impoverita.

Una riduzione delle prove non potrà essere effettuata all'inizio della produzione di massa, quando viene variata la produzione e quando viene usata una nuova attrezzatura di produzione. L'autorizzazione alla riduzione delle prove distruttive e di quelle non distruttive deve essere richiesta alla Direzione Lavori. Sulle saldature sollecitate dai carichi trasmessi dai ferri sagomati, dovrà essere eseguita una prova a trazione ogni 75 giunti.

Le suddette prove di saldatura dovranno essere inserite nei Piani di Controllo Qualità (PCQ).

Ad ultimazione di tutte le saldature e prima dell'inizio del getto, il Contraente Generale dovrà sottoporre alla Direzione Lavori un rapporto finale che comprenda i documenti relativi alle prove di saldatura.

Le barre di acciaio dovranno essere adatte in modo particolare ai metodi di saldatura. Dette barre dovranno essere di qualità uniforme.

Le variazioni del contenuto di carbonio ed equivalente del carbonio dovranno essere comprese entro  $\pm 0,03\%$ .

Al momento della consegna le barre di acciaio dovranno essere accompagnate da un certificato del produttore che dovrà contenere tutte le informazioni relative al contenuto degli elementi delle leghe, e cioè C, S, P, Si, Mn, il carbonio equivalente e tutti i dati meccanici.

Le barre di acciaio consegnate dovranno essere riferite ad una sezione specifica del getto. In caso di variazioni superiori al suddetto  $\pm 0,03\%$ , delle barre provenienti da produttori diversi, o in caso di variazioni importanti nei sistemi di saldatura, si dovranno effettuare nuove prove sulle saldature.

Durante tali prove dovranno essere determinate le tolleranze per tutti i parametri di saldatura.

Durante la produzione si dovrà procedere ad una più ampia verifica e ad un più esteso controllo delle procedure, e il Contraente Generale dovrà controllare che tutti i parametri relativi alle

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

tolleranze delle saldature più importanti siano rispettati.

I risultati dovranno essere documentati e registrati nel giornale di Controllo Qualità del Contraente Generale. Le saldature dovranno essere suddivise in gruppi, e la loro posizione dovrà essere rilevata e registrata.

Si dovrà procedere ad un controllo visivo del 100% delle saldature. La prova da eseguire ogni 75 giunti può essere una prova a trazione, una prova alla flessione o un'altra prova secondo le istruzioni della Direzione Lavori, la quale può anche ridurre il numero delle prove.

#### 4.2.12.1.5 Prove sulle saldature

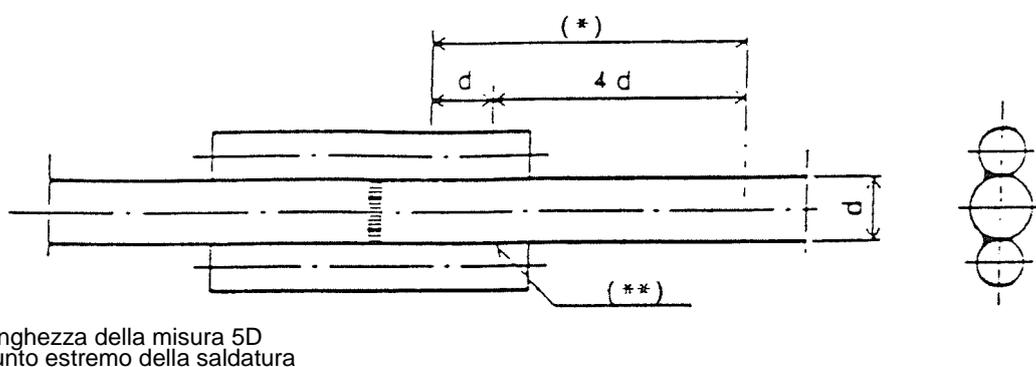
##### Prova a trazione

Per la verifica delle saldature mediante prove di trazione dovranno essere determinati la tensione di rottura a trazione  $F_t$ , la tensione di snervamento  $F_y$ , o la tensione misurata allo 0,2% di deformazione residua  $F_{0,2}$ .

Per quello che riguarda la tensione allo 0,2%, si dovrà ricorrere alla misurazione delle deformazioni, secondo quanto descritto nel seguito.

In caso di saldatura di prova su lunghezza ridotte, come avviene per i giunti in genere e per i giunti trasversali, si dovrà eseguire una misurazione su una lunghezza di almeno  $5xd$  posizionando lo strumento di misura al centro del giunto.

Quando le prove in questione devono essere eseguite su lunghezze maggiori, come nel caso di sovrapposizioni e saldature di giunti assiali, la misurazione dovrà essere eseguita sulla stessa lunghezza, ma lo strumento di misura dovrà essere posizionato asimmetricamente al di sopra dei punti estremi delle saldature, come indicato nella figura 1.



- (\*) lunghezza della misura 5D  
(\*\*) punto estremo della saldatura

**Figura 1 - Posizionamento dello strumento di misura**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

L'allungamento distribuito uniformemente dopo rottura dovrà essere misurato su una distanza che, prima della prova, sia di almeno 100 mm.

Tale distanza non deve comprendere le saldature ed il punto di inizio dovrà trovarsi ad una distanza di almeno 2,5xd dal punto di rottura.

Requisiti richiesti per le prove a trazione

La frattura dovrà verificarsi al di fuori della saldatura. Se sarà possibile determinare il carico di snervamento o in alternativa la resistenza caratteristica allo 0,2% del giunto, dovranno risultare uguali almeno al carico di snervamento garantito, oppure alla resistenza allo 0,2% per l'acciaio di armatura.

Per quanto riguarda i giunti che non trasmettono i carichi, l'allungamento percentuale A10 distribuito uniformemente attraverso la saldatura non dovrà essere inferiore al 3%.

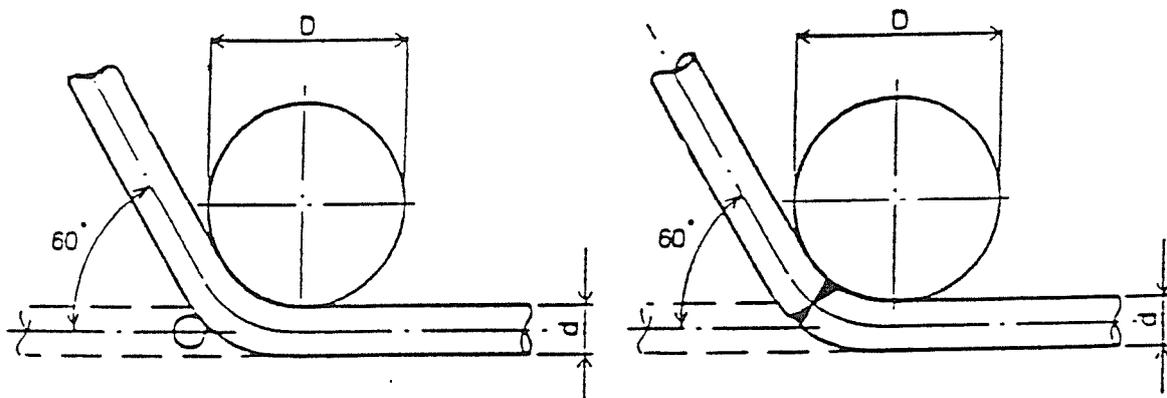
Nel caso di saldatura di testa sulle barre sagomate a freddo, l'allungamento percentuale A10 dovrà essere almeno del 6%;

**Prove di piegamento su barre di acciaio saldate**

Durante la verifica, la barra in esame dovrà essere piegata intorno ad un mandrino di diametro doppio di quello indicato per le prove delle equivalenti barre d'armatura non saldate.

L'angolo di flessione dovrà essere 60° e la prova di flessione dovrà essere eseguita in modo che il giunto sia compreso nella zona di flessione; si veda figura 2. Durante la prova la temperatura dell'acciaio dovrà essere compresa fra i +10 °C e + 30 °C.

Le saldature puntate dovranno essere eseguite nella zona di trazione. Per le saldature di testa, si potrà levigare l'armatura prima dell'esecuzione della prova.



**Figura 2 - Requisiti per le prove di piegamento**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

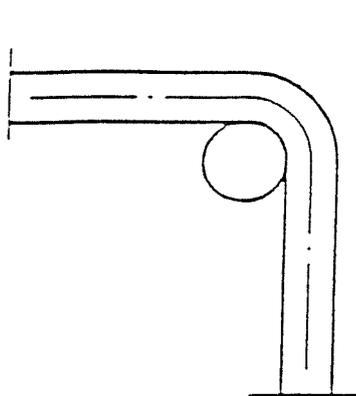
L'acciaio piegato dopo la prova non deve presentare rotture o screpolature. La verifica sarà visiva e non verrà fatto uso di strumenti ottici. Non ha importanza se una barra trasversale si allenta durante la prova.

### **Prove di piegamento per le saldature eseguite su barre piegate**

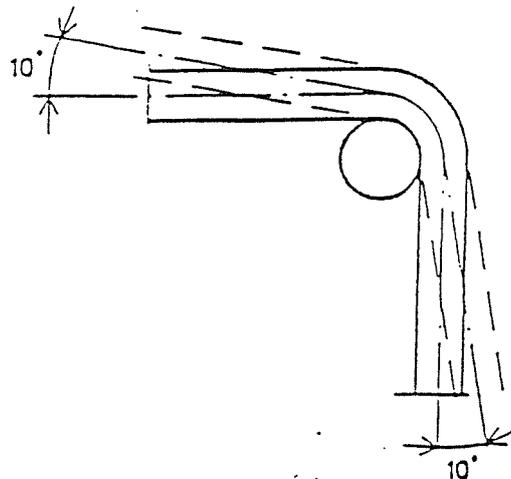
Nel caso in cui una puntatura debba essere eseguita su una piegatura, si dovrà verificare che la barra non sia stata danneggiata dalla saldatura.

La prova deve essere eseguita piegando la barra a 90° intorno a un mandrino di diametro pari a quello indicato per le prove delle equivalenti barre non saldate, successivamente, la parte piegata verrà saldata alla barra principale (fig.3a).

Si procederà al successivo raddrizzamento per un totale di 20°, mentre la temperatura dell'acciaio sarà di 0° C (fig. 3b).



**Figura 3a**



**Figura 3b**

I requisiti richiesti per la prova sono quelli gli stessi descritti nel precedente paragrafo.

#### **4.2.12.2 Giunzioni con manicotto filettato**

Il sistema di giunzione consiste nell'ingrossamento per deformazione a freddo delle estremità delle barre da giuntare mediante speciali presse deformatrici. Sulla estremità ingrossata viene realizzata una filettatura parallela di appropriato diametro metrico e lunghezza in funzione del tipo di manicotto da impiegare.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

L'estremità filettata della barra viene provata con un carico pari alla tensione caratteristica di snervamento della barra.

Le filettature vengono protette con agenti protettivi ammessi e con un cappuccio di plastica prima di essere spedite in cantiere.

Quando il manicotto viene applicato alla barra, lo stesso funge da protezione della filettatura. Le barre da giuntare verranno confezionate in officina secondo le esigenze di progetto e secondo le tipologie di giunto necessarie.

Le barre saranno lavorate a misura e predisposte con filettatura e giunto.

Nei disegni di dettaglio dell'armatura si considereranno 50 mm extra ad ogni estremità di barra da giuntare per le operazioni di taglio e deformazione.

Il giunto viene realizzato avvitando il manicotto fino in fondo sulla filettatura della barra fissa; la barra di continuità viene quindi ruotata fino a toccare la barra fissa. Quando sia difficile ruotare la barra di continuità (perché sagomata, troppo lunga ecc.) si ricorre ad una doppia lunghezza di filettatura su una barra; in questo caso il giunto viene completato avvicinando le due estremità delle barre fino a toccarsi ed infine facendo scorrere il manicotto sulla filettatura doppia fino ad avvitarci sulla barra di continuità che rimane ferma.

#### **4.2.13 Ancoraggi su calcestruzzo**

##### **4.2.13.1.1 Preparazione ancoraggi**

Gli elementi metallici che formano un ancoraggio dovranno essere esattamente rispondenti alle indicazioni dei disegni di progetto, sia come forma e dimensioni, sia come qualità dei materiali.

Tali elementi dovranno essere immagazzinati con la massima cura, sia per evitare che possano subire deterioramenti o deformazioni (che all'atto del montaggio potrebbero dar luogo a fastidiosi inconvenienti), sia per facilitarne la ricerca e la esatta selezione al momento dell'impiego.

Quando tali elementi vengono preparati direttamente in cantiere (piastre d'ancoraggio, angolari, ecc.) la Direzione Lavori darà le opportune disposizioni per evitare che l'impiego di tali elementi venga effettuato senza che su di essi siano stati eseguiti gli indispensabili controlli; in particolare se si tratta di pezzi saldati si dovrà accertare che il personale incaricato di eseguire le saldature abbia la prescritta qualificazione e che i materiali da saldare e il materiale di apporto siano idonei a garantire una efficace saldatura.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.2.13.1.2 Posizionamento ancoraggi

Il posizionamento degli ancoraggi sulla struttura di base sarà fatto in conformità alle indicazioni degli elaborati di progetto approvati. Le tolleranze ammesse rispetto alle misure indicate sugli elaborati di progetto saranno le seguenti, salvo indicazione contraria nei disegni:

Tipo ancoraggio	Scostamento in mm	
	Nel piano	Normale al piano
Bulloni	± 1,5	± 5
Piastre	± 10	± 2
Ferri tipo Halfen	± 1,5	± 5

Per assicurare che il piazzamento degli ancoraggi sia effettuato rispettando le limitazioni indicate nella precedente Tabella dovranno essere predisposte, quando necessario, apposite attrezzature rigide (dime), fornite dei necessari riscontri per il collegamento nella giusta posizione rispetto alla struttura di base sia della dima stessa che degli ancoraggi di cui la dima deve dare i riferimenti.

Le dime potranno essere realizzate in materiale metallico o in legno: se in legno dovrà essere verificato che eventuali deformazioni del legno non ne alterino la fedeltà. Quando per una dima sono previsti successivi ripetuti impieghi sarà d'obbligo realizzarla in metallo.

#### 4.2.13.1.3 Ancoraggi incorporati nelle fondazioni delle torri

Quando gli ancoraggi sono incorporati nella struttura di base, appena ultimata la posa in opera delle armature di detta struttura, si procederà a posizionare gli ancoraggi secondo i disegni di progetto, fissandoli rigidamente, mediante legatura, all'armatura metallica in modo da impedirne ogni possibilità di spostamento durante il getto del calcestruzzo.

E' rigorosamente vietato eseguire il fissaggio mediante saldatura, che potrebbe alterare le caratteristiche fisico-meccaniche sia del ferro di armatura della struttura sia del materiale dell'ancoraggio.

In particolari casi di difficoltà di fissaggio degli ancoraggi la saldatura potrà essere usata purché effettuata su parti non resistenti (cavalletti, ferri di semplice ingabbiatura, ferri di ripartizione, ecc.); in tali casi l'autorizzazione all'uso della saldatura dovrà essere data dalla Direzione Lavori a

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

seguito di precise disposizioni esecutive.

Anche la dima sarà bloccata fissandola alla struttura delle casseforme per assicurare l'immobilità durante il getto di calcestruzzo.

Essa sarà lasciata nella sua posizione fino a quando il calcestruzzo non abbia raggiunto un grado di presa sufficiente a garantire contro lo spostamento degli ancoraggi.

Dopo che il calcestruzzo avrà completato la presa si potrà procedere al montaggio del manufatto da ancorare alla struttura di base. Accoppiati i due elementi si dovrà procedere al livellamento del manufatto supportato, prima di effettuare il serraggio dei bulloni.

Il livellamento sarà ottenuto mediante inserimento di idonei spessori tra il piano di appoggio in calcestruzzo e l'elemento di collegamento sul manufatto, fino a dare al manufatto il voluto assetto.

A tal punto si potrà procedere a serrare i bulloni ed a sigillare gli eventuali spazi vuoti tra il basamento del manufatto supportato ed il piano della struttura di base con malta cementizia antiritiro.

In tale operazione si dovrà rivolgere particolare cura a che la malta vada a riempire completamente le cavità fra bulloni e canotti, se esistenti.

#### **4.2.13.1.4 Ancoraggi da sistemare in alloggiamenti preformati**

Quando i disegni di progetto prescrivono di alloggiare gli ancoraggi in cavità all'uopo predisposte, in fase di allestimento delle casseforme si provvederà ad inserire i necessari elementi per la formazione di dette cavità.

Tali elementi possono essere di vario tipo: scatole metalliche o di legno, da estrarre dopo la presa del calcestruzzo; involucri di rete metallica da lasciare inseriti nel getto in modo da facilitare l'aderenza della malta di sigillatura; elementi prefabbricati in laterizio o calcestruzzo cementizio, da lasciare inseriti nel getto, o elementi simili.

Dopo la regolare presa del calcestruzzo della struttura di base si potrà procedere al posizionamento del manufatto da collegare e dei previsti elementi di ancoraggio, che verranno introdotti nelle apposite cavità; tale operazione dovrà essere preceduta da un'accurata pulizia della superficie della struttura di base e delle cavità per l'alloggio degli ancoraggi.

Successivamente sarà effettuato il livellamento del manufatto, come descritto nel precedente paragrafo 4.2.13.1.3. Seguirà la sigillatura degli ancoraggi e dei piani di appoggio del manufatto supportato, che sarà eseguita impiegando malta cementizia antiritiro, avendo cura di non lasciare alcuno spazio vuoto sotto gli appoggi del manufatto.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### **4.2.13.1.5 Malte per la sigillatura**

Le malte antiritiro da impiegare per la sigillatura degli ancoraggi in ambedue i casi previsti nei precedenti capitoli saranno ottenute aggiungendo, ai normali componenti la malta cementizia, speciali prodotti che impediscono il ritiro della malta in fase di presa.

Le modalità di impiego di questi prodotti dovranno essere conformi alle istruzioni del fabbricante.

Quando del prodotto prescelto non esistono precedenti comprovate esperienze dovranno essere richieste al fornitore documentate garanzie sulle caratteristiche del prodotto, risultanti da prove effettuate in condizioni di sollecitazione analoghe a quelle che si verificheranno nell'impiego previsto.

Possono essere impiegate malte espansive premiscelate per ancoraggi rispondenti ai requisiti delle UNI 8993:1987.

#### **4.2.13.1.6 Protezione ancoraggi**

Quando gli ancoraggi sono inseriti nella struttura di base in fase di getto è necessario proteggerne la parte sporgente mediante idonea fasciatura e, dopo il disarmo, pulirli accuratamente da eventuali residui di calcestruzzo che vi avessero aderito.

Immediatamente dopo la pulizia saranno presi gli occorrenti provvedimenti affinché, durante il periodo intercorrente tra il getto e l'istallazione del manufatto, gli ancoraggi siano convenientemente conservati e protetti contro eventuali danneggiamenti.

Particolare attenzione dovrà essere posta alla buona conservazione dei bulloni di ancoraggio che dovranno essere ingrassati contro l'ossidazione e possibilmente coperti con appositi cappucci per evitare che mezzi d'opera in azione nel cantiere possono urtarli deformandoli o danneggiandone la filettatura.

#### **4.2.13.1.7 Ispezioni e collaudi**

I bulloni di ancoraggio dovranno essere sottoposti alle prove previste dalle norme UNI 3740 ultima edizione. Qualora tali prove non siano state eseguite presso il produttore, il Contraente Generale ne dovrà curare l'effettuazione presso un laboratorio qualificato, sotto il controllo della Direzione Lavori.

Sugli altri tipi di ancoraggi saranno eseguiti i necessari accertamenti per assicurare la rispondenza della qualità dei materiali, della forma e dimensione dell'elemento, della corretta lavorazione; per gli elementi costruiti in cantiere la Direzione Lavori darà incarico specifico di tali controlli a uno o

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

più tecnici qualificati che risponderanno della buona riuscita del lavoro.

Per gli ancoraggi incorporati nella struttura di base delle torri la Direzione Lavori, prima dell'inizio del getto del calcestruzzo, dovrà controllare l'esatto posizionamento degli ancoraggi e, successivamente, farà eseguire il controllo del livellamento del manufatto supportato, prima della sigillatura degli elementi di supporto.

Per gli ancoraggi alloggiati in cavità predisposte il controllo dell'esatto posizionamento e livellamento del manufatto supportato sarà disposto prima che venga iniziata la sigillatura degli ancoraggi e dei piani di appoggio del manufatto.

Nel caso di impiego di additivi antiritiro non precedentemente sperimentati la Direzione Lavori disporrà l'esecuzione di preventive prove di sfilaggio dei bulloni, previ accordi con il fornitore del prodotto sulle modalità di conduzione delle prove.

### **4.3 Opere in cemento armato**

#### **4.3.1 Generalità**

##### **4.3.1.1 Classificazione di calcestruzzi a composizione richiesta**

Ai fini della classificazione del calcestruzzo per strutture gettate in sito si dovrà fare riferimento alla norma UNI EN 206-1 – [con integrazione 11-104:2004](#).

Con riferimento alla norma citata, la classe di esposizione da considerare per i calcestruzzi gettati in opera è la XS2 (strutture permanentemente sommerse in acqua marina); in alternativa si farà riferimento alle tabella materiali riportate negli elaborati.

La classificazione può inoltre effettuarsi con riferimento alla classe di consistenza, alla classe riferita alla dimensione massima dell'aggregato o alla classe di resistenza a compressione.

#### **4.3.2 Terminologia**

**Contenuto cementizio** Il contenuto cementizio è la massa di cemento per metro cubo di calcestruzzo compattato.

**Classe** Termine utilizzato per identificare le diverse miscele di calcestruzzo in termini di resistenza di classe o in termini di resistenza di classe e dimensione massima nominale degli inerti.

**Classe di Resistenza** La classe di resistenza è la resistenza a compressione del calcestruzzo valutata su provini cubici maturati alla scadenza di 28 e 60 giorni secondo UNI EN 12390-3:2003; o secondo indicazione riportate sui disegni.

### 4.3.3 Materiali

#### 4.3.3.1 Cemento

Il cemento dovrà appartenere ad uno dei prodotti indicati nella UNI EN 197-1:2001 o nella UNI 9156:1997. Essi pertanto dovranno avere composizione conforme a quanto indicato in dette norme. Dovranno comunque essere preferiti cementi con basso calore di idratazione (ad esempio cementi d'altoforno a basso contenuto di clinker di cemento Portland con ceneri volanti).

In particolare si riporta il prospetto 1 relativo alla composizione dei cementi elencati nella norma UNI EN 197-1:2006:

Tipi principali	Denominazione dei 27 prodotti (tipi di cemento comune)	Composizione (percentuale in massa) <sup>a)</sup>											Costituenti secondari			
		Costituenti principali														
		Clinker	Loppa di altoforno	Fumi di silice	Pozzolana		Ceneri volanti		Scisto calcinato	Calcare						
K	S	D <sup>b)</sup>	naturale P	naturale calcinata Q	silicea V	calcica W	T	L	LL							
CEM I	Cemento portland	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
	Cemento portland alla loppa	CEM I/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM I/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Cemento portland ai fumi di silice	CEM I/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Cemento portland alla pozzolana	CEM I/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM I/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM I/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM I/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	CEM II	Cemento portland alle ceneri volanti	CEM I/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
			CEM I/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
			CEM I/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
			CEM I/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5
Cemento portland allo scisto calcinato		CEM I/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5	
		CEM I/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5	
Cemento portland al calcare		CEM I/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5	
		CEM I/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5	
		CEM I/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5	
		CEM I/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5	
Cemento portland composito <sup>c)</sup>		CEM I/A-M	80-94	6-20										0-5		
		CEM I/B-M	65-79	21-35										0-5		
CEM III	Cemento d'altoforno	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM IV	Cemento pozzolanico <sup>c)</sup>	CEM IV/A	65-89	-	11-35					-	-	-	-	0-5		
		CEM IV/B	45-64	-	36-55					-	-	-	-	0-5		
CEM V	Cemento composito <sup>c)</sup>	CEM V/A	40-64	18-30	18-30			-	-	-	-	-	-	0-5		
		CEM V/B	20-38	31-50	31-50			-	-	-	-	-	-	0-5		

a) I valori del prospetto si riferiscono alla somma dei costituenti principali e secondari.  
b) La proporzione di fumi di silice è limitata al 10%.  
c) Nei cementi portland composti CEM I/A-M e CEM I/B-M, nei cementi pozzolanici CEM IV/A e CEM IV/B e nei cementi composti CEM V/A e CEM V/B i costituenti principali diversi dal clinker devono essere dichiarati nella denominazione del cemento (vedere esempio in B).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Non sarà ammesso l'impiego misto dei vari tipi di cemento sopra elencati, salvo diversamente stabilito dalla Direzione Lavori.

#### **4.3.3.2    Aggregati**

Per le prescrizioni relative agli aggregati da impiegare per il confezionamento del calcestruzzo si rimanda al paragrafo 12.3 del documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie".

Si dovranno inoltre osservare le prescrizioni di seguito riportate.

Gli aggregati impiegati dovranno essere puliti, duri, di pietrame frantumato o sabbia naturale e conformi a UNI EN 12620:2003 e UNI 8520-2:2002; essi dovranno inoltre provenire da una fonte approvata dalla Direzione Lavori e dovranno opportunamente essere combinati tra loro per assicurare la massima compattezza nel calcestruzzo. Le distribuzioni granulometriche dovranno essere tali che la dimensione massima degli inerti non superi 38 mm al fine di evitare possibili segregazioni in fase di getto, in relazione all'elevata lavorabilità richiesta.

Gli aggregati di origine marina non dovranno essere utilizzati nelle opere.

Le cave di origine degli aggregati saranno controllate e descritte da un geologo in modo da garantire circa l'assenza di solfato e la non reattività con gli alcali (sodio e potassio).

#### **4.3.3.3    Acqua d'impasto**

L'acqua d'impasto per il calcestruzzo e per la maturazione del calcestruzzo dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche, dovrà essere definita la sua provenienza ad avere caratteristiche costanti nel tempo. Per le caratteristiche chimiche, le analisi chimiche e la periodicità delle analisi da effettuare si rimanda al paragrafo 12.3 del documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie".

#### **4.3.3.4    Additivi**

Gli additivi impiegati dovranno essere conformi alla norma UNI EN 934-2:2002. Eventuali aggiunte al calcestruzzo potranno essere eseguite se conformi alla norma UNI EN 206-1:2001.

Si rimanda anche a quanto esposto al paragrafo 12.3 del documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie".

Dovranno inoltre preferibilmente essere utilizzati additivi costituiti da una miscela di superfluidificante (super-riduttore del contenuto d'acqua) in polvere al fine di ottenere una minore

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

perdita di lavorabilità rispetto a quelli liquidi e di ridurre al massimo la risalita d'acqua sulla superficie dei getti (bleeding) e di altri componenti (ad esempio fumo di silice) con caratteristiche di anti-segregazione e anti-bleeding.

Gli additivi dovranno essere conformi a quanto segue:

Pigmenti per cemento	
Portland e prodotti cemento	
Portland	: UNI EN 12878:2005
Additivi acceleranti, additivi ritardanti e additivi riduttori d'acqua	
	: UNI EN 480-1: 2007
Additivi superfluidificanti	: UNI EN 480-1: 2007

Il contenuto di ione di cloruro degli additivi per calcestruzzo contenente metallo annegato o per calcestruzzo a base di cementi resistenti ai solfati non dovrà superare il 2% della massa dell'additivo o lo 0,03% della massa del contenuto cementizio.

#### 4.3.3.5 Inibitore di corrosione

Laddove richiesto, occorrerà aggiungere alla miscela di calcestruzzo un inibitore di corrosione a base di nitrato di calcio con un dosaggio di 15 l/m<sup>3</sup>. Un inibitore di nitrato di calcio liquido dovrà contenere, per circa il 30% del peso, nitrato di calcio ed essere conforme a ASTM C494. Gli inibitori di corrosione dovranno avere una documentata esperienza di impiego di 15 anni e dovranno essere convalidati con dati quantitativi da prove a lungo termine.

Il fornitore di additivi dovrà raccomandare una prova di controllo qualità per accertare la quantità di additivo nella miscela di calcestruzzo unitamente ad un regime di Controllo Qualità per la campionatura e il collaudo da essere attuato dal Contraente Generale.

#### 4.3.3.6 Agenti stagionanti

L'agente stagionante dovrà essere un prodotto di marca approvato dalla Direzione Lavori e dovrà avere un indice di efficienza pari almeno all'80%.

L'agente stagionante dovrà contenere un colorante temporaneo. Non si dovranno utilizzare agenti stagionanti contenenti solventi organici. L'agente stagionante dovrà diventare stabile e raggiungere

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

la resistenza prescritta all'evaporazione di acqua dalla superficie del calcestruzzo entro 60 minuti dall'applicazione. L'agente stagionante non dovrà reagire chimicamente con il calcestruzzo da trattare e non si dovrà fessurare, staccare o disintegrare per almeno una settimana dall'applicazione. L'additivo stagionante dovrà degradarsi completamente entro tre settimane dall'applicazione.

#### 4.3.3.7 Provenienza dei materiali

Tutti gli additivi e materiali per calcestruzzo dovranno provenire da fornitori e produttori riconosciuti a livello internazionale in modo da poter fornire supporto tecnico, consulenza e servizio in loco.

#### 4.3.4 Calcestruzzo

##### 4.3.4.1 Composizione del calcestruzzo

Il calcestruzzo dovrà avere una composizione opportunamente progettata dal Contraente Generale e approvata dalla Direzione Lavori e/o dal Committente.

Considerata l'elevata densità dell'armatura prevista nelle fondazioni e negli ancoraggi, e le prevedibili conseguenti difficoltà in fase di getto e compattazione, si richiede l'impiego di un calcestruzzo a consistenza superfluida (slump > 210 mm) di classe **S4 e S5**, salvo quanto diversamente stabilito dalla Direzione Lavori [salvo diverse indicazioni riportate negli elaborati e comunque concordate con la D.L.](#) Qualora il Contraente Generale volesse utilizzare una miscela di calcestruzzo di progetto avente un valore di consistenza inferiore a 210 mm, la Direzione Lavori potrebbe richiedere al Contraente Generale di dimostrare che tale calcestruzzo può essere soddisfacentemente messo in opera e compattato nelle sezioni di prova che simulano le sezioni delle opere.

Qualsiasi modifica alla provenienza dei materiali o alle proporzioni della miscela, eccetto la variabilità ammessa del contenuto cementizio durante la produzione giornaliera (terzo capoverso del paragrafo 4.3.4.4), dovrà essere subordinata all'approvazione della Direzione Lavori.

Gli elementi seguenti dovranno essere costruiti utilizzando un'unica composizione di progetto senza alcuna sostituzione o modifica dei costituenti:

- a. qualunque superficie a vista che rimarrà visibile nell'opera permanente;
- b. qualunque coppia o gruppo di elementi strutturali simili disposti l'uno accanto all'altro, quali due pile a sostegno dell'impalcato di ponte.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.3.4.2 Contenuto di cloruro del calcestruzzo

Il contenuto totale di cloruro del calcestruzzo, espresso come relazione percentuale per massa tra lo ione di cloruro e il contenuto di cemento nella miscela di calcestruzzo, non dovrà superare lo **0,2% salvo diverse indicazioni contenute negli elaborati.**

#### 4.3.4.3 Contenuto di solfati del calcestruzzo fresco

Il contenuto totale di solfati solubili in acido della miscela di calcestruzzo, indicato come SO<sub>3</sub>, non dovrà superare il 4% della massa del contenuto di cemento totale della miscela. Il contenuto di solfati dovrà essere considerato come il totale ottenuto dai vari costituenti nella miscela. Il Contraente Generale dovrà fornire prova di conformità prima di utilizzare qualsiasi calcestruzzo.

#### 4.3.4.4 Contenuto cementizio per la composizione del calcestruzzo

Sulla base della classe di esposizione sopra individuata (XS2) le norme UNI EN 206-1 raccomandano alcuni valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo. In base al prospetto F1 riportato nella norma UNI EN 206-1 dovrà pertanto essere adottato, al fine di ottenere un calcestruzzo sufficientemente impermeabile e con buone caratteristiche di resistenza, un rapporto a/c comunque non superiore a 0,45.

Salvo diversamente stabilito dalla Direzione Lavori e/o dal Committente, il contenuto di cemento massimo del calcestruzzo di progetto dovrà essere pari a 550 kg/m<sup>3</sup>.

Il contenuto di cemento per una miscela di calcestruzzo di progetto può variare durante la produzione giornaliera a discrezione del Contraente Generale di una quantità non superiore a 20 kg/m<sup>3</sup>, purché il contenuto di cemento totale non sia inferiore al valore minimo prescritto e non superi il valore massimo prescritto. La Direzione Lavori dovrà essere informata tempestivamente in merito alle modifiche effettuate.

#### 4.3.5 Progettazione della miscela di calcestruzzo – Durabilità

##### 4.3.5.1 Requisiti generali

Il Contraente Generale dovrà eseguire le opere in calcestruzzo mirando a ottenere la massima durabilità tenendo conto della norma **UNI 206-1 con integrazione 11-104:2004** e basandosi sui seguenti principi:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>	<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- 1) Utilizzare un tipo di cemento adatto all'ambiente chimico;
- 2) Utilizzare un tipo di inerti adatto in relazione al tipo di cemento, onde evitare la possibilità di reazione alcali-inerti;
- 3) Utilizzare inerti caratterizzati da una porosità e una permeabilità dei grani estremamente ridotte;
- 4) Utilizzare una granulometria che dia la richiesta porosità dello scheletro degli inerti;
- 5) Utilizzare un contenuto di cemento sufficientemente alto in modo da garantire che il cemento idratato riempi completamente i vuoti nello scheletro di inerti;
- 6) Utilizzare il contenuto minimo d'acqua compatibile con i requisiti di lavorabilità del calcestruzzo onde garantire che vi sia una minima eccedenza di acqua rispetto alla quantità strettamente necessaria per la completa idratazione del cemento;
- 7) Predisporre un copriferro sufficiente ad assicurare che la concentrazione di cloruri in corrispondenza dell'armatura in acciaio rimanga entro limiti tollerabili durante l'intero arco di vita di progetto della struttura;
- 8) Controllare in sede di progetto l'apertura e l'interasse delle fessure onde limitare la penetrazione dell'acqua attraverso le fessure stesse;
- 9) Eseguire un'adeguata compattazione del calcestruzzo onde conseguire l'espulsione dell'aria e la massima densità del calcestruzzo;
- 10) Eseguire un'adeguata stagionatura delle superfici di calcestruzzo non casserate al fine di evitare la perdita di umidità all'atmosfera e un'adeguata sigillatura o bagnatura delle superfici porose contro le quali verrà gettato il calcestruzzo onde minimizzare la perdita di umidità per assorbimento.
- 11) Trattare adeguatamente i giunti di ripresa al fine di assicurare una buona aderenza del calcestruzzo e una minima permeabilità dei giunti;
- 12) Mantenere la massima temperatura dovuta all'idratazione del calcestruzzo al di sotto di 70°C e minimizzare l'effetto deleterio dell'elevata temperatura sulla resistenza; ciò può effettuarsi controllando la temperatura della miscela di calcestruzzo, sostituendo quota parte del cemento con ceneri volanti o loppa d'altoforno, limitando la dimensione massima dei getti nonché, qualora necessario, incorporando un sistema di raffreddamento nel getto.
- 13) Se necessario, proteggere le superfici esposte all'atmosfera con un trattamento al silano.
- 14) Se necessario, proteggere le superfici esterne esposte al terreno con una membrana impermeabile.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.3.5.2 Criteri di conformità

Per tutte le miscele di calcestruzzo superiori o uguali alla classe 20 utilizzate per ubicazioni esposte all'acqua marina o salmastra in qualunque forma, la permeabilità al cloruro della miscela di calcestruzzo dovrà essere della categoria "Bassa" o migliore secondo quanto indicato nella Tabella 1 - Permeabilità al Cloruro basata sulla Carica Elettrica Passata ("Chloride Permeability Based on Charge Passed") del Metodo di Prova AASHTO T227 - 83. Una migliore categoria di permeabilità al cloruro corrisponde a una minore permeabilità.

#### 4.3.5.3 Verifica e conformità

Si dovranno costruire, in due giorni diversi, due pannelli di prova della miscela di calcestruzzo aventi dimensioni non inferiori a 1,5m x 1,5m x 0,3m (lunghezza x altezza x larghezza). I due pannelli dovranno essere stagionati allo stesso modo del calcestruzzo delle opere.

Si dovranno prelevare sei carote da ciascuno dei due pannelli quando abbia raggiunto una maturazione di 28 giorni, conformemente a quanto indicato in [UNI EN 12504-1:2002](#). L'ubicazione delle carote dovrà essere decisa dalla Direzione Lavori. Si dovrà aver cura di evitare di prelevare carote da calcestruzzo la cui superficie è contaminata da grassi, olii o altri agenti contaminanti. Qualora la Direzione Lavori lo ritenga necessario, la superficie della carota di calcestruzzo dovrà essere smerigliata con un molatrice a punta di diamante per rimuovere qualsiasi agente contaminante. Subito dopo il prelievo le carote di calcestruzzo dovranno essere preparate secondo la seguente procedura:

- (i) Pulire le carote mediante lavaggio, metterle a bagno in acqua pulita per un'ora, e indi asciugarne la superficie con un panno pulito.
- (ii) Avvolgere le carote saldamente con tela in polietilene o similare e chiudere in una busta di plastica sigillata.
- (iii) Lo stesso giorno, consegnare le carote al laboratorio autorizzato. All'arrivo in laboratorio, i campioni dovranno essere esaminati e la loro condizione dovrà essere registrata. Le carote dovranno essere in seguito avvolte di nuovo in tela di polietilene e immagazzinate in una busta di plastica sigillata ad una temperatura ambiente di  $25 \pm 5$  °C fino al momento della prova.

Dopo  $35 \pm 1$  giorni di maturazione, la Direzione Lavori dovrà selezionare tre carote provenienti da ciascun pannello che saranno sottoposte a prova conformemente alla modalità descritte in

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

AASHTO Test T277-831. Qualora non fosse possibile effettuare la prova su una delle carote selezionate qualsiasi, la Direzione Lavori dovrà esserne informata e dovrà quindi decidere se utilizzare una carota sostitutiva prelevata dalle carote rimanenti oppure se ripetere il pannello di prova corrispondente. La carota sostitutiva dovrà essere pure sottoposta a prova dopo  $35 \pm 1$  giorni di maturazione.

La miscela di calcestruzzo potrà essere ritenuta conforme a questo requisito di durabilità se i risultati delle prove soddisfino i seguenti criteri:

- (i) Tutte le carote mostrano una permeabilità al cloruro di categoria "Bassa"
- (ii) Cinque carote mostrano una permeabilità al cloruro di categoria "Bassa", mentre una carota risulta essere di categoria "Moderata"; in questo caso dovrà essere realizzato e analogamente sottoposto a prova un terzo pannello di prova. Tutti i risultati di prova relativi alle tre carote prelevate dal terzo pannello dovranno rientrare nella categoria "Bassa".

#### **4.3.6 Documentazione da presentare**

##### **4.3.6.1 Particolari dei materiali per il calcestruzzo**

Si dovranno sottoporre alla Direzione Lavori i seguenti particolari relativi al cemento proposto (compreso ciascuno dei suoi costituenti se il cemento è una miscela) nonché agli inerti:

a) un certificato, che non risalga a un periodo precedente ai sei mesi, per ciascun tipo di cemento tra quelli indicati nel paragrafo 4.3.3.1, indicante il nome del produttore, la data e la località di produzione e una dichiarazione sulla conformità del cemento a quanto indicato nelle Specifiche Tecniche che includa i risultati delle prove in merito a:

- composizione chimica
- finezza
- resistenza a compressione a 3, 7, 28 e 60 giorni (se richiesto)
- tempo di presa iniziale e finale
- soundness
- contenuto di alcali solubili in acido

b) un certificato, relativo a cementi Portland alle ceneri volanti, che non risalga a un periodo precedente ai sei mesi, indicante la provenienza delle ceneri volanti e una dichiarazione che le

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ceneri volanti sono conformi alla norma UNI EN 450:1995, nonché i risultati delle prove per:

- composizione chimica
- finezza
- contenuto di umidità
- contenuto di alcali solubili in acido

c) un certificato, relativo a cementi Portland alla loppa di altoforno, che non risalga a un periodo precedente ai sei mesi, indicante il nome del produttore, la data e la località di produzione e una dichiarazione sulla conformità della loppa di altoforno alle norme indicate nel Contratto che includa i risultati delle prove in merito a:

- composizione chimica
- finezza
- resistenza di compressione a 3, 7 28 e 60 giorni (se richiesto)
- tempo di presa iniziale e finale
- soundness
- contenuto di umidità
- contenuto di alcali solubili in acido

d) un certificato, che non risalga a un periodo precedente ai sei mesi, per la dimensione massima nominale degli inerti, indicante la provenienza dell'inerte e una dichiarazione sulla conformità degli inerti alle prescrizioni indicate nel paragrafo 4.3.3.2 che includa i risultati delle prove in merito a:

- granulometria
- contenuto di limo
- contenuto di cloruro
- indice di sfaldatura degli inerti grossi
- valore al dieci per cento dei materiali fini
- assorbimento di acqua

e) una dichiarazione di conformità della microsilice (fumi di silice) secondo quanto indicato nel

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

paragrafo 12.3 del documento GCG.G.02.01 “Norme per l’esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie”.

Saranno sottoposti alla Direzione Lavori i seguenti particolari relativi agli additivi proposti:

- a) documentazione del produttore,
- b) descrizione dello stato fisico, colore e composizione,
- c) condizioni di immagazzinaggio e durata di conservazione a magazzino consigliate,
- d) modalità di aggiunta alla miscela di calcestruzzo ,
- e) qualsiasi incompatibilità riconosciuta con altri additivi o materiali cementizi,
- f) dosaggio consigliato,
- g) effetti di sottodosaggio e sovradosaggio,
- h) un certificato che non risalga a un periodo precedente ai sei mesi per ciascun tipo di additivo, indicante il nome del produttore, la data e la località di produzione e una dichiarazione sulla conformità dell’additivo alle norme indicate nel Contratto che includa i risultati delle prove in merito a:
  - uniformità
  - contenuto di cloruro
  - contenuto di alcali solubili in acido

Saranno sottoposti alla Direzione Lavori i seguenti particolari relativi agli agenti stagionanti proposti:

- a) documentazione del produttore,
- b) descrizione dello stato fisico, colore e composizione,
- c) condizioni di immagazzinaggio e durata di conservazione a magazzino consigliate,
- d) modalità di applicazione,
- e) quantità di applicazione consigliata,
- f) un certificato indicante il nome del produttore, la data e la località di produzione e una dichiarazione sulla conformità dell’additivo stagionante alle prescrizioni indicate nel Contratto che includa i risultati delle prove per l’indice di efficienza.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I suddetti particolari, ivi compresi certificati, dovranno essere sottoposti alla Direzione Lavori con almeno 14 giorni di anticipo sulla prima consegna di materiale al cantiere e ogni qual volta che venga modificata la provenienza dei materiali impiegati.

Per il controllo dei materiali componenti, si rimanda, in particolare, anche al prospetto 22 della norma UNI EN 206-1.

#### **4.3.6.2 Proprietà relative alla composizione del calcestruzzo di progetto**

La composizione del calcestruzzo di progetto dovrà essere conforme alla UNI EN 206-1 e sarà documentata dalle seguenti proprietà:

- a) classe di resistenza a compressione;
- b) tipo e classe di resistenza del cemento;
- c) rapporto acqua/cemento;
- d) classe di consistenza;
- e) quantità di ciascun costituente riferite sia all'impasto che al metro cubo di calcestruzzo compattato unitamente a eventuali variazioni proposte per la variazione ammessa del contenuto cementizio durante la produzione giornaliera secondo quanto riportato al terzo capoverso del paragrafo 4.3.4.4;
- f) granulometria degli inerti grossi e fini;
- g) lavorabilità in termini del valore della consistenza "slump" progettata prima e dopo l'aggiunta di additivi superfluidificanti;
- h) metodo di posa del calcestruzzo;
- i) metodo di controllo della temperatura del calcestruzzo, qualora opportuno;
- j) i dati relativi agli impasti di prova per una composizione del calcestruzzo di progetto della stessa Classe e con costituenti e caratteristiche simili, se disponibili;
- k) i dati di prova relativi alla composizione del calcestruzzo di progetto della stessa o altra Classe prodotto nell'impianto o negli impianti di betonaggio che si propone di utilizzare, se disponibili.

I sopra elencati dati dovranno essere forniti alla Direzione Lavori a titolo informativo almeno 7 giorni prima della confezione degli impasti di prova oppure, se non sono richiesti impasti di prova,

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

almeno 7 giorni prima della posa del calcestruzzo nell'opera permanente.

#### **4.3.6.3 Dettagli relativi alla prova di reazione alcali-inerti**

Saranno sottoposti alla Direzione Lavori i seguenti dettagli relativi alla miscela di calcestruzzo proposta:

- a) Certificati di prova che non risalgano a un periodo precedente ai sei mesi contenenti i risultati delle prove richieste al paragrafo 4.3.23.1, relativo alla definizione e determinazione della reazione alcali-silice.
- b) Calcolo degli alcali reattivi della miscela proposta.

Dovranno inoltre essere presentati, ogni tre mesi, nuovi certificati contenenti i risultati delle prove richieste al paragrafo 4.3.23.1 insieme con qualsiasi ulteriore calcolo a dimostrazione che la composizione del calcestruzzo è ancora conforme alla prescrizione riguardante il limite accettato di alcali reattivi.

Il Contraente Generale dovrà controllare tutti gli inerti per possibile reattività presso un laboratorio autonomo mediante la "prova accelerata su barra in malta" (Accelerated Mortar Bar Test) conformemente a RILEM AAR-2. L'inerte dovrà essere considerato accettabile se il risultato medio di espansione dopo 16 giorni è inferiore a 0,15%. Ciascun inerte dovrà essere controllato prima della fornitura e, in seguito, con una frequenza minima di due volte l'anno.

#### **4.3.6.4 Dettagli relativi al fornitore di calcestruzzo preconfezionato**

I nomi dei fornitori e l'ubicazione di ogni impianto di betonaggio, incluso l'impianto di riserva, scelti dal Contraente Generale per la produzione di calcestruzzo preconfezionato dovranno essere sottoposti alla Direzione Lavori almeno 14 giorni prima della produzione degli impasti di prova oppure, se gli impasti di prova non sono stati richiesti, almeno 14 giorni prima della getto del calcestruzzo preconfezionato nell'opera permanente.

#### **4.3.6.5 Caratteristiche dell'impianto di betonaggio di cantiere**

I dettagli relativi all'impianto di betonaggio da utilizzare in cantiere, compresi la planimetria e la produzione dell'impianto, dovranno essere sottoposti all'approvazione della Direzione Lavori con almeno 7 giorni di anticipo sulla consegna dell'impianto in cantiere.

Per le caratteristiche dell'impianto si rimanda al paragrafo 12.5 del documento GCG.G.02.01

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

“Norme per l’esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie”.

#### **4.3.6.6     Dettagli relativi a elementi in calcestruzzo prefabbricati**

Saranno sottoposti all’approvazione della Direzione Lavori i seguenti dettagli relativi agli elementi in calcestruzzo prefabbricati proposti:

- a) dettagli relativi ai cantieri di prefabbricazione,
- b) certificato indicante il nome del produttore, la data e la località di produzione, il numero di identificazione degli elementi prefabbricati che includa i risultati delle prove per:
  - resistenza a compressione di provini cubici del calcestruzzo a 28 e 60 giorni(se richiesto);
  - controlli periodici, comprese prove di carico, effettuate presso i cantieri di prefabbricazione;
- c) particolari relativi ai punti di sollevamento e metodi di trasporto;
- d) procedura per il collaudo degli elementi prefabbricati.

I suddetti dettagli, ad eccezione dei certificati, dovranno essere sottoposti alla Direzione Lavori con almeno 14 giorni di anticipo sulla prima consegna di elementi prefabbricati al cantiere. Si dovranno inoltre fornire i certificati per ogni lotto di elementi prefabbricati consegnato al cantiere.

#### **4.3.6.7     Dettagli relativi ai giunti di ripresa**

Dettagli relativi alle posizioni e ai particolari costruttivi di qualunque giunto di ripresa proposto che non sia indicato nel Progetto Esecutivo dovranno essere sottoposti all’approvazione della Direzione Lavori con un anticipo di almeno 14 giorni, o secondo quanto richiesto dal Committente, rispetto alla loro esecuzione.

#### **4.3.7       Controllo della conformità, criteri di conformità e controllo della produzione del calcestruzzo**

Per il controllo della conformità, per i criteri di conformità e per il controllo della produzione si rinvia ai paragrafi 8 e 9 della norma UNI EN 206-1 e alla norma UNI EN 12350-1.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.3.7.1 Composizione del calcestruzzo di prova

Miscele di prova non sono richieste per calcestruzzi di classe di resistenza cubica inferiore o uguale a 20 N/mm<sup>2</sup>.

Se le proprietà indicate al paragrafo 4.3.6.2 relativamente a un calcestruzzo di progetto, prodotto negli impianti di betonaggio proposti, sono conformi e accettati dalla Direzione Lavori, non sarà richiesta una miscela di prova per tale calcestruzzo di progetto.

Se le proprietà indicate al paragrafo 4.3.6.2 relativamente a un calcestruzzo di progetto, prodotto in impianti di betonaggio diversi da quelli proposti, sono conformi e accettati dalla Direzione Lavori, la Direzione Lavori potrebbe richiedere l'esecuzione di prove dell'impianto secondo quanto riportato nel paragrafo 4.3.7.2.

Qualora non vengano fornite le proprietà elencate nel paragrafo 4.3.6.2 o dette proprietà relative alla composizione del calcestruzzo di progetto, pur fornite, non comprovano, secondo la Direzione Lavori, l'idoneità dell'impianto di betonaggio e della composizione di progetto proposti, la Direzione Lavori potrebbe richiedere sia l'esecuzione di prove dell'impianto di betonaggio sia miscele di prova in laboratorio secondo quanto previsto nei paragrafi 4.3.7.2 e 4.3.7.3.

Le prove dell'impianto di betonaggio nonché delle miscele di calcestruzzo in laboratorio dovranno terminare almeno 35 giorni prima del getto del calcestruzzo nelle opere definitive.

Il Contraente Generale dovrà informare la Direzione Lavori con un preavviso di almeno 24 ore circa l'esecuzione delle prove dell'impianto di betonaggio e delle miscele di prova in laboratorio.

#### 4.3.7.2 Prove dell'impianto di betonaggio

Le prove dell'impianto di betonaggio dovranno essere eseguite utilizzando gli impianti proposti, le composizioni progettate e i materiali costituenti approvati dalla Direzione Lavori.

Si dovrà confezionare un impasto avente la composizione del calcestruzzo di progetto in ognuno di tre giorni successivi e in ogni impianto proposto. L'impasto dovrà rappresentare almeno il 60% della capacità nominale dell'impianto di betonaggio. Se il calcestruzzo viene dosato in un impianto centrale e miscelato in autobetoniera, dovranno essere utilizzate tre diverse autobetoniere.

Da ogni impasto dovranno essere prelevati tre campioni di calcestruzzo a circa 1/6, 1/2 e 5/6 dello scarico dalla betoniera. Ciascun campione dovrà essere di un volume sufficiente per eseguire una prova di consistenza e confezionare due provini cubici da 150 mm. Il metodo di campionatura dovrà essere conforme a quanto indicato in UNI EN 12350-1. Ciascun campione dovrà essere sottoposto a prova "slump" per determinarne il valore di consistenza in conformità a UNI EN

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12350-2.

I due provini cubici da 150 mm confezionati dovranno essere immagazzinati, stagionati e sottoposti a prova per determinare la resistenza a compressione a 28 giorni conformemente a UNI EN 12390-2.

#### **4.3.7.3 Miscela di calcestruzzo di prova in laboratorio**

Le miscele di prova in laboratorio dovranno essere preparate nel laboratorio qualificato selezionato dal Contraente Generale utilizzando le composizioni e i materiali costituenti del calcestruzzo approvati dalla Direzione Lavori.

Le miscele di prova in laboratorio dovranno essere eseguite conformemente al documento GCG.02.01.

Occorrerà confezionare tre impasti diversi, ciascuno avente un volume sufficiente per fornire campioni per due prove di consistenza e confezionare sei provini cubici da 150 mm.

Si dovranno eseguire due prove di consistenza in conformità a UNI EN 12350-2 su campioni diversi prelevati da ciascuna miscela di calcestruzzo di progetto di prova in laboratorio.

Da ogni impasto di prova in laboratorio si dovranno confezionare sei provini cubici da 150 mm, i quali vanno immagazzinati, stagionati e sottoposti a prova per determinare la resistenza a compressione a 28 giorni e 60 giorni (se richiesto) conformemente a UNI EN 12390-2.

#### **4.3.7.4 Criteri di conformità: prove dell'impianto di betonaggio**

I risultati delle prove su provini di calcestruzzo prelevati per le prove dell'impianto di betonaggio (paragrafo 4.3.7.2) dovranno essere conformi alle seguenti specifiche:

- a) La media dei nove valori di consistenza misurati dovrà avere uno scarto, rispetto al valore di consistenza stabilito, pari al massimo valore tra 20 mm o il 25% della consistenza richiesta.
- b) L'intervallo di variazione dei tre valori di consistenza per ogni impasto di calcestruzzo non dovrà superare il 20% della media dei tre valori di consistenza per quell'impasto.
- c) La media della resistenza a compressione a 28 giorni dei 18 provini cubici dovrà superare la resistenza di classe di almeno 10 MPa e la resistenza a compressione di ciascun singolo provino dovrà superare la resistenza di classe di almeno 4 MPa.
- d) L'intervallo di variazione della resistenza a compressione dei sei provini cubici di ogni impasto di calcestruzzo non dovrà superare il 20% della media della resistenza a

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

compressione dei sei provini dello stesso impasto.

#### **4.3.7.5 Criteri di conformità: miscela di calcestruzzo di prova in laboratorio**

Quando i dati delle prove relative agli impianti proposti, forniti alla Direzione Lavori, secondo quanto riportato al paragrafo 4.3.6.2, mostrano che la deviazione standard dell'impianto supera 5 MPa, ovvero in assenza di dati soddisfacenti, i risultati delle prove su calcestruzzo prelevato dagli impasti di prova in laboratorio dovranno essere conformi alle seguenti specifiche:

- a) La media dei sei valori di consistenza misurati dovrà avere uno scarto, rispetto al valore di consistenza stabilito, pari al massimo valore tra 20 mm o il 25% della consistenza richiesta.
- b) La media della resistenza a compressione a 28 giorni dei 18 provini cubici dovrà superare la resistenza di classe di almeno 12 MPa e la resistenza a compressione di ogni singolo cubo di prova dovrà superare la resistenza di classe di almeno 6 MPa.

Quando i dati delle prove relative agli impianti proposti, forniti alla Direzione Lavori, secondo quanto riportato al paragrafo 4.3.6.2, mostrano che la deviazione standard della centrale non supera 5 MPa e i dati vengono accettati dalla Direzione Lavori, i risultati delle prove su calcestruzzo prelevato da impasti di prova in laboratorio dovranno essere conformi alle seguenti specifiche:

- a) La media dei sei valori di consistenza misurati dovrà avere uno scarto, rispetto al valore di consistenza stabilito, pari al massimo valore tra 20 mm o il 25% della consistenza richiesta.
- b) La media della resistenza a compressione a 28 giorni dei 18 provini cubici dovrà superare la resistenza di classe di almeno 8 MPa e la resistenza a compressione di ciascun singolo provino dovrà superare la resistenza di classe di almeno 2 MPa.

#### **4.3.7.6 Non conformità: miscela di calcestruzzo di prova**

Se il risultato di qualsiasi prova riguardante la lavorabilità o la resistenza a compressione del calcestruzzo prelevato dall'impasto di prova in laboratorio e dalla prova dell'impianto non risulta conforme alle caratteristiche richieste, si dovranno sottoporre ad approvazione della Direzione Lavori dettagli relativi a modifiche proposte per i materiali, per la composizione di progetto, o per i metodi di produzione; ulteriori miscele di prova in laboratorio o prove di impianto dovranno essere eseguite fino a quando il risultato di ogni prova risulti essere conforme alle prescrizioni relative alla lavorabilità e alla resistenza a compressione del calcestruzzo in oggetto.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### **4.3.7.7 Miscela di calcestruzzo approvata dalla Direzione Lavori**

Una miscela di calcestruzzo conforme ai requisiti prescritti riguardanti la miscela di calcestruzzo di prova in laboratorio e le prove dell'impianto, diventerà una miscela di calcestruzzo approvata. Il valore di consistenza di progetto, utilizzato per ottenere una miscela di calcestruzzo approvata diventerà il valore di consistenza approvato.

Qualora non siano richieste miscele di prova in laboratorio o prove dell'impianto, una miscela di calcestruzzo definita secondo quanto esposto al paragrafo 4.3.6.2, sarà qualificata quale miscela di calcestruzzo approvata. Il valore di consistenza di progetto, utilizzato per ottenere una composizione di calcestruzzo approvata diventerà il valore di consistenza approvato.

#### **4.3.7.8 Inizio della posa in opera del calcestruzzo**

Il calcestruzzo non dovrà essere posato nell'opera permanente fino a quando la composizione del calcestruzzo non abbia ottenuto l'approvazione della Direzione Lavori.

#### **4.3.7.9 Varianti di materiali e modalità esecutive**

Salvo diversa indicazione della Direzione Lavori, i materiali, la composizione di progetto, i metodi di produzione e le modalità esecutive impiegati per produrre una miscela di calcestruzzo approvata non dovranno essere modificati salvo la variabilità ammessa del contenuto di cemento durante la produzione giornaliera (terzo capoverso del paragrafo 4.3.4.4) e le variazioni riguardanti la quantità degli inerti entro le tolleranze approvate.

### **4.3.8 Gestione e stoccaggio dei materiali**

#### **4.3.8.1 Stoccaggio di cemento e relativi materiali costituenti**

Il cemento e i relativi materiali cementizi costituenti (ceneri volanti, loppa d'altoforno, microsilice) contenuti in sacchi dovranno essere immagazzinati in ambiente secco, protetto dalle intemperie e con pavimento rialzato. Ogni consegna dovrà essere identificata e tenuta separatamente e dovrà essere successivamente impiegata secondo l'ordine di arrivo.

Il cemento sciolto e i relativi materiali cementizi costituenti sciolti dovranno essere immagazzinati in silos asciutti e resistenti alle intemperie. Il cemento e i relativi materiali costituenti di tipo e provenienza diversi dovranno essere immagazzinati in silos diversi opportunamente marcati al fine

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

della identificazione del contenuto. Nel caso in cui i materiali immagazzinati richiedano trattamenti quali, ad esempio, agitazione con aria compressa, occorrerà prestare la massima attenzione onde evitare la contaminazione con umidità o altri materiali nocivi.

#### **4.3.8.2 Gestione e stoccaggio degli inerti**

Gli inerti dovranno essere gestiti e immagazzinati in modo tale da essere separati per tipo e dimensione e da evitare qualsiasi segregazione o contaminazione.

Gli inerti dovranno essere protetti da contaminazioni a mezzo di coperture durante il trasporto, soprattutto nel caso di trasporto marittimo.

Gli inerti di tipo e dimensione diversi dovranno essere immagazzinati in tramogge o cumuli separati e dovranno inoltre essere protetti dalla pioggia a mezzo di opportune coperture. I suddetti cumuli dovranno avere pavimenti in calcestruzzo drenati e setti di separazione sufficientemente alti da mantenere i vari inerti separati.

Salvo diversa indicazione della Direzione Lavori, gli inerti grossi aventi un contenuto di umidità superiore al 4% ovvero gli inerti fini aventi un contenuto di umidità superiore all'8% dovranno essere drenati fino a quando i valori di umidità riscontrati non rientrino sotto tali limiti.

#### **4.3.8.3 Gestione e stoccaggio degli additivi e degli agenti stagionanti**

Gli additivi e gli agenti stagionanti dovranno essere immagazzinati in contenitori sigillati indicanti in modo chiaro il contenuto e protetti da condizioni che potrebbero alterarne le caratteristiche. I materiali dovranno essere immagazzinati conformemente alle raccomandazioni dei produttori ed essere utilizzati entro la data di scadenza relativa alla conservazione in magazzino.

#### **4.3.8.4 Gestione e stoccaggio di elementi prefabbricati**

Su ciascun elemento prefabbricato dovrà essere chiaramente indicato, secondo uno schema concordato con la Direzione Lavori, il numero di identificazione, la data di getto e i punti di sollevamento.

Gli elementi prefabbricati dovranno essere sollevati e sostenuti esclusivamente nei punti di sollevamento indicati e, nella loro gestione, dovranno essere spostati con cura onde evitare danni o cadute.

Gli elementi prefabbricati dovranno essere immagazzinati su sostegni rialzati in modo tale da non essere a contatto con il terreno e da evitare danni, deformazioni o contaminazioni. Gli elementi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>	<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

prefabbricati dovranno essere protetti da possibili danni e gli elementi danneggiati non dovranno essere impiegati nell'opera permanente salvo indicazione diversa della Direzione Lavori.

#### **4.3.9 Dosaggio e mescolamento del calcestruzzo**

##### **4.3.9.1 Dosaggio del calcestruzzo**

Per la miscelazione dei materiali componenti si rinvia al paragrafo 9.7 della norma UNI EN 206-1.

##### **4.3.9.2 Miscelazione del calcestruzzo**

Per la miscelazione del calcestruzzo si rinvia al paragrafo 9.8 della norma UNI EN 206-1.

##### **4.3.10 Trasporto del calcestruzzo**

Per le prescrizioni relative al trasporto del calcestruzzo si rinvia al paragrafo 12.5 del documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie".

##### **4.3.11 Documentazione relativa al calcestruzzo**

Per la consegna del calcestruzzo fresco si rinvia al paragrafo 7 della norma UNI EN 206-1.

Il Contraente Generale dovrà tenere in Cantiere documentazione relativa alle operazioni di posa in opera del calcestruzzo; essa dovrà essere disponibile in ogni momento per ispezione da parte della Direzione Lavori.

##### **4.3.12 Posa in opera e compattazione del calcestruzzo**

###### **4.3.12.1 Posa in opera del calcestruzzo**

Per la posa in opera del calcestruzzo si rinvia al paragrafo 12.5 del documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie".

Si dovranno inoltre osservare le prescrizioni di seguito riportate.

Il calcestruzzo dovrà essere posato in opera e compattato nella sua posizione definitiva entro 2,5 ore dall'introduzione del cemento nell'impasto del calcestruzzo.

Il calcestruzzo dovrà essere gettato in modo continuo all'interno dell'elemento da gettare, in modo da evitare ogni ripresa. Non si dovrà gettare calcestruzzo fresco contro calcestruzzo che è in

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

posizione da più di 30 minuti salvo approvazione della Direzione Lavori e che il calcestruzzo stesso abbia un grado di lavorabilità giudicato sufficiente dalla Direzione Lavori. Qualora tale approvazione non venga rilasciata, si dovrà eseguire un giunto di ripresa secondo quanto indicato al paragrafo 4.3.13; il calcestruzzo non dovrà essere gettato contro il calcestruzzo già in posizione da almeno 24 ore, salvo diversa indicazione della Direzione Lavori.

Ad eccezione del calcestruzzo di classe 20 o inferiore, la temperatura del calcestruzzo al momento della posa, non dovrà essere inferiore a 10°C né maggiore a 20°C, considerata la massività dei getti, salvo diversa indicazione della Direzione Lavori. Al fine di abbassare la temperatura del calcestruzzo potrà essere usato ghiaccio, in sostituzione dell'acqua di impasto, o gas refrigerante di cui sia garantita la neutralità nei riguardi delle caratteristiche del calcestruzzo e dell'ambiente.

#### **4.3.12.2 Posa in opera del calcestruzzo a mezzo di pompa**

Per la posa in opera del calcestruzzo a mezzo pompa si rinvia al paragrafo 12.8 del documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie".

Si dovranno inoltre osservare le prescrizioni di seguito riportate.

Le pompe di calcestruzzo dovranno funzionare ed essere controllate secondo le indicazioni del produttore. Si dovranno mantenere le pompe e le tubazioni sempre pulite. Le superfici interne delle tubazioni non dovranno essere in alluminio. I giunti nelle tubazioni dovranno essere saldamente vincolati e non dovranno permettere perdite di malta liquida.

Le pompe di calcestruzzo dovranno essere posizionate in modo tale che le tubazioni siano corte, per quanto possibile dritte e che richiedano il minimo di riposizionamento durante il getto. Eventuali gomiti nelle tubazioni dovranno essere sistemati in modo da non disturbare calcestruzzo, cassetture, armature o componenti incassati.

Le tubazioni dovranno essere lubrificate mediante il passaggio di boiaccia o calcestruzzo attraverso la tubazione prima di pompare il calcestruzzo da porre in opera. Lo scarico iniziale del calcestruzzo pompato non dovrà essere posato nell'opera permanente.

#### **4.3.12.3 Posa in opera del calcestruzzo a mezzo di tubazione a tramoggia**

Le tubazioni a tramoggia utilizzate per posare il calcestruzzo dovranno essere sostenute nella corretta posizione e i giunti dovranno essere a tenuta stagna. Si dovrà utilizzare un tampone sigillante temporaneo di un tipo concordato con la Direzione Lavori per separare l'acqua e il calcestruzzo all'inizio della posa.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Una volta iniziato il flusso del calcestruzzo, si dovrà sollevare la tubazione a tramoggia secondo modalità concordate con la Direzione Lavori, mantenendo la sua estremità inferiore sempre immersa nel calcestruzzo ad una profondità di almeno 1 metro. Si dovrà impedire che acqua, fango e altri materiali dannosi possano entrare nella tubazione a tramoggia dopo l'inizio della posa. Qualora la tubazione a tramoggia si blocchi o venga estratta dal calcestruzzo già posato, la posa dovrà essere arrestata immediatamente salvo diversa indicazione della Direzione Lavori. La posa non dovrà essere ripresa per almeno 24 ore salvo diversa indicazione della Direzione Lavori, e il calcestruzzo contaminato dovrà essere rimosso prima del nuovo inizio dei lavori.

Il calcestruzzo posato a mezzo di tubazione a tramoggia dovrà essere gettato sino a superare il livello finale prescritto per uno spessore sufficiente da consentire la successiva rimozione del calcestruzzo contaminato; il quale dovrà essere rimosso in tutti i casi.

#### **4.3.12.4 Compattazione del calcestruzzo**

Per la compattazione del calcestruzzo si rinvia al paragrafo 12.8 del documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie".

#### **4.3.13 Giunti di ripresa**

I giunti di ripresa nel calcestruzzo dovranno essere formati esclusivamente nelle posizioni e con le prescrizioni specificate salvo approvazione della Direzione Lavori. La posizione e i particolari costruttivi dei giunti di ripresa verranno definiti nel Progetto Esecutivo in modo tale da minimizzare l'occorrenza di fessure da ritiro.

I giunti di ripresa dovranno essere normali all'asse o al piano dell'elemento in fase di costruzione salvo diversa approvazione della Direzione Lavori.

Prima di poter effettuare la ripresa la superficie del calcestruzzo indurito dovrà essere accuratamente pulita, lavata, spazzolata e scalfita fino a diventare sufficientemente rugosa, così da garantire una perfetta aderenza con il getto successivo; ciò potrà essere ottenuto anche mediante l'impiego di additivi ritardanti o di ritardanti superficiali o di speciali adesivi per riprese di getto.

La superficie dei giunti di ripresa dovrà essere umida ma senza acqua libera al momento del getto del calcestruzzo fresco contro di essa.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.3.14 Stagionatura del calcestruzzo

Il calcestruzzo dovrà essere protetto da effetti meteorologici nocivi, da acqua corrente e da prosciugamento mediante uno dei metodi qui di seguito indicati:

- Metodo 1 : Applicare sulla superficie del calcestruzzo un agente stagionante liquido a mezzo di spruzzo a bassa pressione fino all'ottenimento di una pellicola visibile uniforme e continua.
- Metodo 2 : Ricoprire la superficie del calcestruzzo con teloni di canapa, canovacci o con altro materiale assorbente approvato dalla Direzione dei Lavori, oppure con uno strato di inerti fini per uno spessore non inferiore a 25 mm; il suddetto materiale dovrà essere mantenuto costantemente bagnato.
- Metodo 3 : Ricoprire la superficie del calcestruzzo con una membrana in polietilene; prima di posare la suddetta copertura, bagnare bene superfici che si siano asciugate.
- Metodo 4 : Coprire le superfici di calcestruzzo non formate con una membrana in polietilene finché il calcestruzzo sia indurito sufficientemente per permettere l'inizio della stagionatura a mezzo di acqua. Subito dopo la rimozione della tela si effettuerà la stagionatura ad acqua della superficie del calcestruzzo o irrorandola costantemente con acqua fresca o allagandola con uno spessore d'acqua idoneo. Se la Direzione Lavori ritiene che la stagionatura ad acqua non sia attuabile, si utilizzerà invece il Metodo 2.

Il metodo 1 non dovrà essere utilizzato sulle superfici di calcestruzzo in corrispondenza delle quali sono previsti giunti di ripresa, nonché sulle superfici che verranno verniciate o piastrellate.

Nel caso delle superfici di calcestruzzo non formate, i metodi 1, 2, 3 o 4 dovranno essere applicati subito dopo che il calcestruzzo sia stato completamente compattato e rifinito. Nel caso delle superfici di calcestruzzo formate, i metodi 1, 2 o 3 dovranno essere applicati subito dopo la rimozione della cassetta.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>	<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

La membrana in polietilene dovrà essere impermeabile e dovrà avere uno spessore nominale di 0,125 mm.

Il telone in canapa, i canovacci, il materiale assorbente e la membrana in polietilene dovranno essere disposti con sovrapposizione dei bordi e saldamente mantenuti in posizione in modo da non danneggiare la superficie di calcestruzzo.

L'applicazione di acqua fredda dovrà essere controllata attentamente onde evitare bruschi sbalzi termici. Non si dovranno applicare grandi quantità di acqua fredda alle superfici di calcestruzzo o alla casseratura in modo intermittente.

Dopo il getto del calcestruzzo, i vari metodi di protezione dovranno essere mantenuti per i periodi minimi indicati nella Tabella 3. Da tali periodi minimi si possono detrarre il numero dei giorni in cui la casseratura è stata lasciata in opera.

La stagionatura accelerata e la stagionatura ad alta temperatura, da realizzarsi secondo le prescrizioni descritte di seguito, possono essere utilizzate esclusivamente con cemento Portland ordinario, con cemento Portland ad indurimento rapido o con cemento Portland resistente ai solfati.

In ogni caso:

- a) La casseratura non dovrà subire un riscaldamento ad una temperatura superiore a 20 °C prima della posa del calcestruzzo.
- b) La temperatura del calcestruzzo durante le prime 3 ore dall'impasto non deve superare 30°C né 40°C dopo le prime 4 h.
- c) Il gradiente di temperatura non deve superare 20 °C/h.
- d) La temperatura del calcestruzzo in qualsiasi parte delle opere non dovrà mai superare i 65°C;
- e) Il calcestruzzo deve essere lasciato raffreddare con un gradiente di temperatura non maggiore di 10 C/h.
- f) Provini cubici dovranno essere stagionati nelle stesse condizioni alle quali è sottoposto il calcestruzzo con modalità che devono essere approvate dalla Direzione Lavori.

L'impiego di metodi accelerati di stagionatura per calcestruzzo contenente altri tipi di cemento o qualunque additivo dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Tabella 3 : Periodi minimi di protezione per il calcestruzzo**

Metodo di protezione	Periodo minimo di protezione (giorni)	
	Calcestruzzo con Cemento Portland ordinari o Cemento resistente ai solfati	Calcestruzzo contenente Cemento Portland alle ceneri volanti alla loppa d'altoforno
1	7	7
2, 3 o 4	4	5

#### **4.3.15 Installazione di elementi prefabbricati**

Le superfici di contatto tra calcestruzzo gettato in opera ed elementi prefabbricati dovranno essere preparate come indicato nelle Specifiche Tecniche. Le tolleranze dimensionali dovranno essere verificate prima che gli elementi prefabbricati siano montate in opera.

Durante l'installazione degli elementi prefabbricati si dovranno predisporre quanto prima vincoli e unioni temporanei per assicurarne la stabilità.

A seguito dell'installazione degli elementi prefabbricati si dovranno completare quanto prima le unioni strutturali definitive.

A seguito dell'installazione degli elementi prefabbricati, qualunque dispositivo di livellamento che non ha alcuna funzione portante nella struttura definitiva dovrà essere allentato o rimosso.

#### **4.3.16 Messa in carico del calcestruzzo**

Non si dovranno applicare al calcestruzzo carichi che potrebbero produrre una tensione di compressione nel calcestruzzo superiore a 1/3 della resistenza al momento del carico o a 1/3 della resistenza di classe; si dovrà tener conto del peso del calcestruzzo nella determinazione del carico. La resistenza del calcestruzzo e le tensioni prodotte dai carichi dovranno essere valutate mediante un metodo concordato con la Direzione Lavori.

#### **4.3.17 Prove in corso d'opera: cemento, ceneri volanti, loppa d'altoforno, inerti, additivi, agenti stagionanti**

Per le prove di controllo dei materiali componenti si rinvia al già citato paragrafo 9 della norma UNI

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

EN 206-1 e in particolare al prospetto 22.

#### **4.3.18 Prove sul calcestruzzo. Requisiti generali**

Per il controllo delle procedure di produzione e delle proprietà del calcestruzzo si rinvia al già citato paragrafo 9 della norma UNI EN 206-1 e in particolare al prospetto 24. Per i controlli in corso d'opera si rinvia inoltre al paragrafo 12.9.2 del documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie".

#### **4.3.19 Prove sul calcestruzzo indurito**

Per le prove sul calcestruzzo indurito si rinvia al paragrafo 12.9.2 del documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie".

Si dovranno inoltre osservare le prescrizioni riportate nel prosieguo.

##### **4.3.19.1 Campioni di calcestruzzo indurito e carote di calcestruzzo**

Il numero di campioni, comprese carote, di calcestruzzo indurito da fornire per le prove, dovrà corrispondere a quanto indicato nel Progetto Esecutivo o dalla Direzione Lavori, in caso di prove da eseguire per mancata conformità del calcestruzzo ai requisiti tecnici. In quest'ultimo caso, la totalità del calcestruzzo da prendere in esame dovrà essere suddiviso in posizioni di prova, diverse tra loro per l'ubicazione, secondo quanto indicato dalla Direzione Lavori. Il numero di campioni prelevati da ogni posizione dovrà essere conforme a quanto indicato dalla Direzione Lavori e la qualità del calcestruzzo dovrà essere valutata separatamente. Le posizioni da cui vengono prelevati i campioni dovranno essere conformi a quanto ordinato dalla Direzione Lavori.

La dimensione dei campioni, così come le modalità di campionatura, dovranno essere conformi a quanto indicato nel paragrafo 4.3.19.

##### **4.3.19.2 Prove: carote di calcestruzzo**

Ogni carota di calcestruzzo dovrà essere sottoposta ad un attento esame visivo onde individuare evidenza di segregazione dei costituenti nonché la presenza di vuoti. Si sottoporranno a prova campioni prelevati dalle carote di calcestruzzo per determinare la resistenza a compressione.

Il metodo di preparazione, di esame e di prova delle carote di calcestruzzo per determinare la resistenza a compressione dovrà essere conforme a quanto indicato nel paragrafo 4.3.19. Le

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

carote di calcestruzzo non dovranno essere sottoposte a prova di resistenza a compressione fino a quando il calcestruzzo non abbia raggiunto la maturazione a 28 giorni.

#### **4.3.19.3 Criteri di conformità: carote di calcestruzzo**

Le carote di calcestruzzo non dovranno mostrare segno eccessivi di segregazione secondo il giudizio della Direzione Lavori. L'incidenza di vuoti nella carota dovrà essere minima e non dovranno esservi nidi d'ape.

I risultati delle prove per la resistenza a compressione delle carote di calcestruzzo dovranno essere interpretati conformemente a [DM1409-2005 Testi Unici per le costruzioni](#). La resistenza misurata non dovrà essere corretta per tener conto dell'età del calcestruzzo al momento della prova, salvo autorizzazione da parte della Direzione Lavori. La resistenza di un provino cubico equivalente alla resistenza della carota dovrà essere valutata secondo quanto esposto al paragrafo 12.9.2 del documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie". Per ogni gruppo di carote rappresentante una posizione di prova, la media delle resistenze cubiche equivalenti dovrà essere almeno pari all'85% della classe di resistenza prescritta, e ogni singola resistenza cubica equivalente dovrà essere non inferiore al 75% della resistenza di classe prescritta.

#### **4.3.19.4 Prove sul calcestruzzo indurito**

Ogni campione di calcestruzzo indurito dovrà essere sottoposto a prova onde determinarne le caratteristiche o la composizione in conformità alle prescrizioni delle Specifiche Tecniche; in caso di assenza di conformità del calcestruzzo ai requisiti prescritti, questo dovrà essere sottoposto a prove secondo le istruzioni della Direzione Lavori.

Le prove sul calcestruzzo indurito dovranno essere eseguite entro 14 giorni dall'istruzione della Direzione Lavori.

Le modalità di prova dovranno essere conformi a quanto indicato nel paragrafo 4.3.19.

#### **4.3.20 Prove di elementi prefabbricati**

Per le prove relative ad elementi prefabbricati in c.a. e c.a.p. si rimanda a quanto esposto al paragrafo 14.1 del documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie".

Si dovranno inoltre osservare le prescrizioni riportate nel prosieguo.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### **4.3.20.1 Lotto di elementi prefabbricati**

Per lotto di elementi prefabbricati si intende una qualsiasi quantità di elementi prefabbricati dello stesso tipo e dimensione, costituiti dallo stesso calcestruzzo, prodotti nello stesso luogo, coperti dagli stessi certificati e consegnati in Cantiere nello stesso momento.

#### **4.3.20.2 Campioni di elementi prefabbricati**

Il numero di elementi prefabbricati da mettere a disposizione della Direzione Lavori per l'esecuzione di prove da ciascun lotto dovrà essere concordata preventivamente con la stessa Direzione Lavori.

#### **4.3.20.3 Verifica di elementi prefabbricati**

Per ogni elemento prefabbricato messo a disposizione per l'esecuzione delle prove dovranno essere eseguite prove di carico per determinare la freccia di carico e scarico sia su elementi in c.a. che su elementi in c.a.p.; in particolare per gli elementi in c.a.p. le prove di carico saranno eseguite anche per determinare la resistenza alla fessurazione.

Le prove di carico dovranno essere eseguite conformemente ad una procedura concordata con la Direzione Lavori. La maturazione degli elementi sui quali le prove saranno eseguite, l'entità del carico di prova, le posizioni in corrispondenza delle quali vanno applicati i carichi, e i punti di appoggio degli elementi dovranno essere conformi con quanto prescritto nelle Specifiche Tecniche.

Le modalità di prova dovranno essere conformi a quanto indicato nel paragrafo 14.1 del documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie".

Gli elementi post-tesi non dovranno essere sottoposti a prova fino ad almeno 7 giorni dopo che le guaine sono stati iniettate di malta.

#### **4.3.20.4 Criteri di conformità di elementi prefabbricati**

I risultati delle prove di carico sugli elementi prefabbricati dovranno essere conformi a quanto stabilito nelle Specifiche Tecniche.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.3.22.2 Prove e conformità

Per il metodo di misura si può fare riferimento alla norma A.S.T.M. C232-99: Standard Test Methods for Bleeding of Concrete.

#### 4.3.23 Reazione alcali-silice

Al fine di garantire la durabilità delle opere il Contraente Generale dovrà osservare la norma UNI 8981-8:1999.

##### 4.3.23.1 Definizione e determinazione

Gli alcali reattivi del calcestruzzo, intesi come contenuto di ossido di sodio equivalente (ossido di sodio più 0,658 volte l'ossido di potassio,  $\text{Na}_2\text{O} + 0,658 * \text{K}_2\text{O}$ ), dovranno essere calcolati dalla seguente formula:

Alcali reattivi, espressi come ossido di sodio equivalente  $\text{Na}_2\text{O} = A + B + C + D$

nella quale	A	è la somma degli alcali solubili in acido (espressi come ossido di sodio equivalente) dei Cementi Portland ordinari, Cementi Portland resistenti ai solfati, additivi, acqua e degli altri materiali costituenti esclusi gli inerti, delle ceneri volanti e della loppa d'altoforno;
	B	corrisponde a 1/6 degli alcali solubili in acido (alcali totali) delle ceneri volanti, espresso come ossido di sodio equivalente;
	C	corrisponde a 1/2 degli alcali solubili in acido (alcali totali) della loppa d'altoforno, espresso come ossido di sodio equivalente;
	D	corrisponde a 0,76 volte lo ione di cloruro (IC) degli inerti.

Il contenuto di alcali solubili in acido del Cemento Portland ordinario e del Cemento Portland resistenti ai solfati dovrà essere determinato conformemente a UNI EN 196-2:1996 e dovrà essere assunto come la media delle ultime 25 determinazioni giornaliere dell'equivalente biossido di sodio, più due volte lo scarto standard delle stesse.

Il contenuto di alcali solubili in acido degli additivi dovrà essere determinato conformemente a BS 1881-124:1988, e dovrà essere assunto come la media più due volte lo scarto standard di almeno

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6 determinazioni effettuate, a seconda dell'opportunità, o negli ultimi tre mesi in relazione agli additivi forniti o nello stesso lotto di additivi consegnato in sito.

Il contenuto di alcali solubili in acido dell'acqua dovrà essere determinato conformemente a APHA (17 Ed.1989) Sezioni 3500-K e 3500-Na.

Il contenuto di alcali solubili in acido (alcali totali) delle ceneri volanti o della loppa d'altoforno dovrà essere determinato conformemente a UNI EN 196-2:1996 e dovrà essere assunto come la media delle ultime 25 determinazioni effettuate ogni settimana più due volte lo scarto standard delle stesse.

Il contenuto di ione di cloruro (IC) degli inerti dovrà essere determinato conformemente a BS 812-117:1988 e dovrà essere assunto come la media delle ultime 25 determinazioni effettuate settimanalmente più due volte lo scarto standard delle stesse. Qualora venisse dimostrato che il livello di ione di cloruro è trascurabile, la frequenza delle prove può essere ridotta a 6 prove su un periodo di tre mesi qualsiasi.

#### **4.3.23.2 Criteri di conformità**

Fatta eccezione per la miscela di calcestruzzo di grado pari a o minore di 20, gli alcali reattivi delle miscele di calcestruzzo non dovranno superare il valore di 3,0 kg/m<sup>3</sup> di calcestruzzo.

#### **4.3.23.3 Documentazione da presentare**

Dovranno essere presentati per approvazione alla Direzione Lavori, congiuntamente ai documenti riguardanti la composizione proposta, i seguenti particolari relativi alla miscela di calcestruzzo:

- a) Certificati di prova che non risalgano a un periodo precedente ai sei mesi e che contengano i risultati delle prove richieste nel paragrafo 4.3.23.1.
- b) Calcolo degli alcali reattivi della miscela proposta.

I certificati contenenti i risultati delle prove richieste nel paragrafo 4.3.23.1 relative al calcestruzzo forniti dovranno essere presentati trimestralmente per dimostrare che la miscela continua a essere conforme al limite accettato relativo agli alcali reattivi. La documentazione dovrà essere presentata inizialmente secondo il programma concordato con la Direzione Lavori, ma, in ogni caso, dovrà essere presentata non oltre i 3 mesi dopo la prima consegna al Cantiere.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### **4.3.24 Temperatura del calcestruzzo**

##### **4.3.24.1 Generale**

Per tutte le ubicazioni dove la temperatura del calcestruzzo potrebbe superare i 55 °C a causa del calore di idratazione, si dovranno applicare le norme per la temperatura del calcestruzzo esposte nei paragrafi da 4.3.24.2 a 4.3.24.4.

##### **4.3.24.2 Documentazione da presentare**

Il Contraente Generale dovrà sottoporre ad approvazione della Direzione Lavori le analisi e i calcoli relativi alla previsione della temperatura del calcestruzzo e delle tensioni ivi indotte, tenendo conto della sequenza e tempistica dei getti di calcestruzzo.

Il Contraente Generale dovrà calibrare il proprio metodo di previsione eseguendo prove per determinare l'aumento di temperatura in condizioni adiabatiche per ciascuna miscela di calcestruzzo.

La temperatura iniziale del calcestruzzo per la prova sull'aumento della temperatura in condizioni adiabatiche dovrà essere  $18 \pm 2^\circ\text{C}$ . La misura della temperatura dovrà essere rilevata a 3, 6, 12, 24, 36, 48 ore dopo il getto e quindi a intervalli di  $24 \pm 1$  ore fino a 12 giorni (dopo il getto).

La relazione sulla prova dovrà comprendere:

- le letture misurate;
- l'incremento massimo di temperatura in condizioni adiabatiche desunto dal grafico delle letture di temperatura;
- le correzioni stimate per tener conto dell'effetto di perdite di calore sull'aumento di temperatura in condizioni adiabatiche;
- eventuali osservazioni e note.

Il Contraente Generale dovrà eseguire prove per valutare la resistenza a trazione del calcestruzzo alle diverse fasi di maturazione a supporto dell'analisi delle tensioni termiche eseguita e fornire i risultati delle suddette prove alla Direzione Lavori.

##### **4.3.24.3 Criteri di conformità**

La temperatura massima di qualsiasi parte di calcestruzzo nelle opere non dovrà superare i 65 °C.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il periodo per monitorare la temperatura massima dovrà essere conforme a quanto indicato al paragrafo 4.3.24.4.

La differenza di temperatura massima tra due punti qualsiasi nello stesso getto di calcestruzzo distanti 1 m tra di loro non dovrà superare i 15 °C.

La differenza di temperatura massima tra due punti qualsiasi nello stesso getto di calcestruzzo non dovrà superare i 20 °C.

La tensione termica indotta non dovrà superare la resistenza del calcestruzzo. La valutazione della tensione termica indotta dovrà basarsi su:

- (i) l'analisi delle tensioni termiche presentata dal Contraente Generale da calibrarsi, qualora necessario, in base alle temperature correnti misurate;
- (ii) l'esame visivo della superficie del calcestruzzo.

#### **4.3.24.4 Monitoraggio della temperatura**

Si dovrà introdurre una serie di sensori di temperatura all'interno del calcestruzzo secondo quanto indicato nelle Specifiche Tecniche e approvato dalla Direzione Lavori.

I sensori di temperatura dovranno essere termocoppie o similari la cui precisione dovrà rientrare nel limite di  $\pm 3$  °C; e i quali dovranno essere sufficientemente robusti da resistere a qualsiasi disturbo durante il getto del calcestruzzo e le altre operazioni costruttive.

Tutti i sensori di temperatura dovranno essere tarati congiuntamente agli strumenti di registrazione sia operativi che di riserva, e i risultati della taratura dovranno essere sottoposti all'approvazione della Direzione Lavori almeno tre settimane prima che i sensori vengano incorporati nelle opere. Sarà possibile apportare correzioni alle letture della temperatura in base ai risultati della taratura, a seguito di accordi con la Direzione Lavori.

Ogni serie di sensori di temperatura dovrà registrare la temperatura in almeno 10 punti nel calcestruzzo e dovrà essere disposto in modo tale da poter rilevare sia la temperatura massima che la differenza di temperatura. Occorre prestare la dovuta attenzione alla possibilità che qualche sensore non funzioni a regola, e pertanto la disposizione dei sensori dovrà permettere la registrazione dei dati desiderati anche nell'eventualità che un sensore sia guasto.

Le letture della temperatura dovranno essere rilevate a 3, 6, 12, 24, 36 e 48 ore dopo il getto e quindi ad intervalli di  $24 \pm 3$  ore fino a 14 giorni dopo il getto oppure fin quando la temperatura massima sia scesa al di sotto di 10 °C sopra la media giornaliera della temperatura ambientale.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### **4.3.25 Effetto della temperatura di stagionatura sulla resistenza**

##### **4.3.25.1 Generale**

Ad eccezione del calcestruzzo con classe di resistenza caratteristica cubica uguale o inferiore a 20 N/mm<sup>2</sup>, tutte le miscele di calcestruzzo da utilizzarsi in ubicazioni dove la temperatura massima potrebbe superare i 55 °C, dovranno ottemperare ai requisiti riguardanti l'effetto della temperatura di stagionatura sulla resistenza indicati nei paragrafi seguenti 4.3.25.2 e 4.3.25.3.

##### **4.3.25.2 Criteri di conformità**

La resistenza a compressione a 28 giorni di provini cubici di calcestruzzo stagionati a temperatura elevata fino a 65 °C non dovrà essere inferiore al 90% della resistenza di provini cubici stagionati alla temperatura di stagionatura normale di 27 °C, e inoltre non dovrà essere inferiore alla resistenza a compressione a 7 giorni di provini cubici stagionati alla stessa temperatura di 65 °C.

##### **4.3.25.3 Prove e conformità**

Si dovranno confezionare 18 provini cubici da 150 mm dallo stesso lotto di calcestruzzo.

Sei provini dovranno essere stagionati alla temperatura di 27 °C e sottoposti a prova dopo 28 giorni.

I restanti dodici dovranno essere stagionati in maniera seguente:

dovranno essere immersi in acqua alla temperatura iniziale di 27 °C; successivamente la temperatura dovrà essere aumentata progressivamente fino a 65 °C in 5 ore, mantenuta a 65 °C per 5 giorni  $\pm$  3 ore, abbassata progressivamente a 27 °C in 5-10 ore e successivamente mantenuta a quella temperatura. Si dovranno quindi sottoporre a prova 6 provini cubici dopo un periodo di stagionatura di 7 giorni, e gli altri 6 dopo 28 giorni.

La media della resistenza a compressione a 28 giorni dei 6 provini stagionati a temperatura elevata, secondo il regime di cui al precedente comma, non dovrà essere inferiore al 90% della media della resistenza di compressione a 28 giorni degli altri 6 provini stagionati alla temperatura di stagionatura normale di 27 °C, e non dovrà altresì essere inferiore alla media della resistenza di compressione a 7 giorni dei 6 provini cubici stagionati alla stessa temperatura elevata.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### **4.3.26 Aumento di resistenza a lungo termine**

##### **4.3.26.1 Generale**

Ad eccezione del calcestruzzo con classe di resistenza caratteristica cubica uguale o inferiore a 20 N/mm<sup>2</sup>, l'aumento di resistenza a lungo termine dovrà essere conforme ai requisiti indicati nel paragrafo seguente 4.3.26.2.

##### **4.3.26.2 Prove e conformità**

Dallo stesso lotto di calcestruzzo dovranno essere confezionati 24 provini cubici da 150 mm.

Tutti i provini cubici dovranno essere stagionati in secondo quanto riportato nel paragrafo 4.3.25.2, salvo che la temperatura di stagionatura dovrà essere 35 ± 2 °C anziché 27 °C.

Gruppi di 3 provini cubici dovranno essere provati dopo una stagionatura di 7 giorni, 14 giorni, 21 giorni, 28 giorni, 56 giorni, 3 mesi, 6 mesi e 9 mesi. La resistenza a compressione media di ciascun gruppo di 3 provini dovrà essere riportata in un diagramma in funzione del logaritmo del tempo di stagionatura del calcestruzzo tracciando una retta di interpolazione in base al metodo dei minimi quadrati.

La miscela di calcestruzzo sarà ritenuta conforme ai requisiti di aumento di resistenza a lungo termine se viene soddisfatto uno qualsiasi dei seguenti criteri:

- (i) avendo a disposizione i risultati relativi al tempo di stagionatura di 56 giorni, la resistenza a compressione a 9 mesi desunta dalla retta di interpolazione dovrà risultare almeno del 20% superiore alla resistenza a compressione a 21 giorni ottenuta dalla stessa retta;
- (ii) come al punto (i), ma avendo a disposizione i risultati relativi al tempo di stagionatura di 3 mesi;
- (iii) come al punto (i), ma avendo a disposizione i risultati relativi al tempo di stagionatura di 6 mesi;
- (iv) quando tutti i risultati sono disponibili e la resistenza a compressione a 9 mesi ottenuta dalla retta di interpolazione risulta almeno del 20% superiore alla resistenza a compressione a 21 giorni ottenuta dalla stessa retta.

Il Contraente Generale dovrà permettere alla Direzione Lavori di effettuare il 10% delle prove di riferimento, in conformità con le Specifiche Tecniche.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.3.27 Determinazione dell'indice di efficienza degli agenti stagionanti

##### 4.3.27.1 Oggetto

Per determinare l'efficienza degli agenti stagionanti si potrà procedere secondo quanto di seguito specificato.

Il presente metodo riguarda la determinazione dell'indice di efficienza della membrana utilizzata quale agente stagionante per il calcestruzzo.

##### 4.3.27.2 Materiali

Verranno utilizzati a tal fine:

- a) Cemento Portland ordinario conforme a [UNI EN 197-1:2006](#), appositamente selezionato per la verifica di additivi e identificato come "Cemento Portland di riferimento"; tale cemento dovrà essere immagazzinato in un contenitore ermeticamente chiuso.
- b) Sabbia naturale essiccata in forno a granuli arrotondati in conformità a UNI EN 12620:2003 e avente la granulometria indicata nella Tabella 4 sotto riportata.
- c) Vaselina, oli minerali o agente disarmante brevettato.

**Tabella 4: Granulometria della sabbia**

<u>Setaccio</u>	<u>Passante cumulativo quale percentuale massa</u>
1,18 mm	100
600 µm	90 – 100
300 µm	12 – 40
150 µm	0 – 6

##### 4.3.27.3 Attrezzature

Verranno utilizzati:

- a) Stampi in metallo anticorrosione. Gli stampi dovranno essere a tenuta stagna, rastremati, costruiti in modo da evitare deformazioni e dovranno avere le seguenti dimensioni:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

▪ dimensioni interne superiori:	150 mm (da 0 mm fino a + 5 mm) x 300 mm (da 0 mm fino a + 5 mm)
▪ dimensioni interne inferiori:	145 mm (da 0 mm fino a + 5 mm) x 295 mm (da 0 mm fino a + 5 mm)
▪ profondità interna:	50 mm ± 2 mm
▪ angolo di rastremazione dei fianchi:	5 % ± 1 %
▪ larghezza ala superiore:	almeno 12 mm

#### 4.3.27.4 Procedura: preparazione di campioni

La procedura di preparazione dei campioni dovrà corrispondere a quanto segue:

- a) Occorrerà preparare tre coppie di campioni, ciascuna coppia comprendente un campione di prova e un campione di controllo.
- b) La miscelazione della malta dovrà essere eseguita in una stanza avente una temperatura di  $27 \pm 3$  °C. Prima della miscelazione, i materiali dovranno essere portati a temperatura ambiente. Si dovrà preparare una miscela di malta contenente una parte di cemento, tre parti di sabbia e 0,44 parti di acqua in termini di massa.
- c) La sabbia e il cemento dovranno essere introdotti nella betoniera e miscelati per 1 minuto. L'acqua dovrà poi essere aggiunta e miscelata continuamente per circa 4 minuti.
- d) I due stampi dovranno essere puliti, spalmati con un sottile rivestimento di vaselina, oli minerali o agenti disarmanti, e pesati con una precisione di 0,1 g ( $m_1$ ).
- e) I campioni dovranno essere confezionati 20 minuti dopo il completamento della miscelazione e gettati a coppie.
- f) Uno strato di malta spesso circa 25 mm dovrà essere posato in ciascuno stampo e pigiato 50 volte con la barra di compattazione. Un secondo strato di malta, sufficiente per riempire gli stampi lievemente in eccesso, dovrà essere posato in ciascuno stampo e pigiato 50 volte con la barra di compattazione. Le dentellature formatesi con la pigiatura dovranno essere riempite e la superficie dovrà essere livellata manualmente mediante un forte costipamento. In alternativa ogni strato dovrà essere compattato mediante tavola vibrante o martello

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

vibrante e livellato tramite spatola.

- g) Una superficie uniforme, piana e senza difetti dovrà essere prodotta mediante il numero minimo di passaggi del righello di livellamento avanzando lungo la lunghezza dello stampo in entrambe le direzioni. La superficie finita dovrà essere  $7 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  al di sotto del bordo superiore dello stampo.
- h) La superficie dovrà essere spazzolata delicatamente con il pennello per ottenere una rugosità uniforme.
- i) Ogni stampo e ogni campione dovrà essere pesato con una precisione di 0,1 g ( $m_2$ ) subito prima dell'applicazione dell'agente stagionante.

#### **4.3.27.5 Procedure: determinazione dell'indice di efficienza**

Le procedure per determinare l'indice di efficienza dovranno corrispondere a quanto qui di seguito indicato:

- a) I campioni di agente stagionante vanno prelevati utilizzando il metodo per campionare gli additivi, secondo quanto indicato in [UNI EN 480-1:2007](#).
- b) Il campione dovrà essere agitato a fondo e la densità relativa dovrà essere determinata alla temperatura ambiente a mezzo di un idrometro. La massa necessaria per fornire lo spessore di copertura prescritta al successivo punto c) dovrà essere calcolata dalla densità relativa. La massa dell'agente stagionante applicato dovrà rientrare nel limite di  $\pm 0,5 \text{ g}$  di quella richiesta per fornire lo spessore di copertura specificato.
- c) L'agente stagionante dovrà essere applicato allo spessore di copertura consigliato dal produttore oppure in quantità di  $0,2 \text{ l/m}^2 \pm 0,01$  qualora non vi siano altre indicazioni.
- d) L'agente stagionante dovrà essere applicato al campione di prova un'ora dopo la sua preparazione, utilizzando le attrezzature di spruzzo oppure seguendo le indicazioni dal produttore. L'agente stagionante dovrà essere ben agitato prima e durante l'applicazione. La pistola a spruzzo dovrà essere tenuta con l'ugello in posizione il più verticale possibile e a un'altezza che permetta un'applicazione uniforme con minimo eccesso di materiale. Il campione dovrà essere ricoperto uniformemente applicando vari strati sull'intera superficie fino all'ottenimento dello spessore di copertura prescritta, da controllarsi mediante pesatura continua. L'eccesso di materiale dovrà essere tolto dalle superfici e dai margini dello stampo esposti. L'intera procedura di applicazione dovrà essere completata in non più di 2 minuti.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- e) Il campione di prova e il campione di controllo dovranno essere pesati con precisione di 1,0 g ( $m_3$ ) e subito posti sul ripiano più basso dell'armadio. Dopo che la seconda coppia di campioni è stata preparata e pesata, la prima coppia dovrà essere spostata su di un ripiano, mentre la seconda dovrà essere posta sul ripiano più basso. Dopo che la terza coppia di campioni è stata preparata e pesata, le prime due coppie dovranno essere spostate su di un ripiano, mentre la terza dovrà essere posta sul ripiano più basso.
- f) Il tempo complessivo per confezionare i campioni, ricoprire i campioni di prova e posizionare la coppia nell'armadio, non dovrà superare le 2 ore.
- g) I campioni dovranno essere tenuti nell'armadio per 72 ore  $\pm$  15 minuti dopo l'applicazione dell'agente stagionante. Ogni campione dovrà essere pesato ad una precisione di 0,1 g dopo 24 ore  $\pm$  15 minuti e dopo 48 ore  $\pm$  15 minuti. Ogni campione di prova e di controllo dovrà essere pesato con una precisione di 0,1 g ( $m_4$  and  $m_5$ ) dopo 72 ore  $\pm$  15 minuti.
- h) Ciascun vassoio metallico dovrà essere pesato con una precisione di 0,1 g ( $m_6$ ) e dovrà essere ricoperto con la stessa quantità  $\pm 0,5$  g di agente stagionante utilizzato sul campione di prova. Il vassoio rivestito dovrà essere pesato con precisione di 0,1 g ( $m_7$ ) e dovrà essere posto nell'armadio per 72 ore  $\pm$  15 minuti dopo l'applicazione dell'agente stagionante. Il vassoio dovrà essere rimosso dall'armadio e pesato con una precisione di 0,1 g ( $m_8$ ).

#### 4.3.27.6 Calcolo

La proporzione di solvente (V) perso dall'agente stagionante durante il periodo di prova dovrà essere calcolato dall'equazione:

$$V = \frac{(m_7 - m_8)}{(m_7 - m_6)}$$

dove:

$m_6$  è la massa del vassoio (g)

$m_7$  è la massa del vassoio dopo il rivestimento (g)

$m_8$  è la massa del vassoio dopo 72 ore nell'armadio (g)

La perdita di acqua dal campione di prova ( $W_t$ ) e la perdita di acqua dal campione di controllo ( $W_c$ ) dovranno essere calcolati per ogni coppia di campioni dalle equazioni:

$$W_t = \frac{(m_3 - m_4) - V(m_3 - m_2)}{(m_2 - m_1)} \times 100\%$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$W_c = \frac{(m_2 - m_5)}{(m_2 - m_1)} \times 100\%$$

dove:

$m_1$  è la massa dello stampo (g)

$m_2$  è la massa dello stampo e del campione di prova o di controllo (g)

$m_3$  è la massa dello stampo e del campione di prova dopo il rivestimento (g)

$m_4$  è la massa dello stampo e del campione di prova dopo 72 ore nell'armadio (g)

$m_5$  è la massa dello stampo e del campione di controllo dopo 72 ore nell'armadio (g)

L'indice di efficienza ( $E'$ ) dell'agente stagionante dovrà essere calcolato, per ogni campione di prova, dall'equazione:

$$E' = \frac{(W_c - W_t)}{W_c} \times 100\%$$

L'indice di efficienza ( $E$ ) dell'agente stagionante dovrà essere calcolato come la media di  $E'$  per i tre campioni di prova.

#### **4.3.27.7 Relazione sui risultati**

Nella relazione si dovranno riportare:

- a) Particolari dei campioni di agente stagionante, compreso identificazione, provenienza, dimensione, data, ricevuta e maturazione al momento della prova.
- b) Il metodo di compattazione della malta.
- c) Il metodo di applicazione dell'agente stagionante e il tipo di pistola a spruzzo utilizzata.
- d) Lo spessore dell'agente stagionante applicato rilevato con una precisione di 0,01 l/m<sup>2</sup>.
- e) La durata della prova.
- f) L'indice di efficienza dell'agente stagionante espressa ad una precisione di 0,1%.
- g) La conferma che il metodo di prova adottato è conforme a queste Specifiche Tecniche.

### **4.4 Opere in cemento armato precompresso**

#### **4.4.1.1 Terminologia**

**Condotto** Il condotto è uno spazio vuoto atto ad alloggiare un cavo di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

precompressione.

Componenti di  
precompressione

I componenti di precompressione sono i componenti utilizzati in un sistema di precompressione; ivi compresi le testate di ancoraggio, i morsetti, i deviatori dei cavi, gli accoppiatori, i cunei, gli stampi, i dadi e altri dispositivi atti a serrare il cavo di precompressione.

Tirante di  
precompressione

Il tirante di precompressione può essere:

- a) un singolo filo d'acciaio, trefolo d'acciaio o barra in lega d'acciaio in un condotto; oppure
- b) un singolo filo d'acciaio, trefolo d'acciaio o barra in lega d'acciaio non in un condotto; oppure
- c) un gruppo di fili d'acciaio o trefoli in un condotto utilizzati in un sistema di precompressione.

Guaina

La guaina è un tubo o rivestimento che viene utilizzato per formare un condotto e viene lasciato in loco.

## 4.4.2 Materiali

### 4.4.2.1 Acciaio da cemento armato precompresso

L'acciaio per cemento armato precompresso dovrà essere controllato in stabilimento per lotti di fabbricazione, secondo quanto riportato [nella NTC08](#). Si rimanda inoltre a quanto esposto nel paragrafo 19.12 del documento GCG.G.02.01 "Norme per l'esecuzione delle opere civili - Infrastrutture Stradali e Ferroviarie".

[Caratteristiche acciaio secondo indicazioni nei disegni.](#)

### 4.4.2.2 Componenti di precompressione

I componenti di precompressione dovranno essere di una marca approvata dalla Direzione Lavori. Le testate di ancoraggio dei cavi dovranno essere conformi alle norme BS 4447:1973 e dovranno consentire un ricoprimento di calcestruzzo minimo di 25 mm rispetto alle estremità tagliate dei cavi di precompressione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.4.2.3 Guaine

Le guaine dovranno essere di una marca approvata dalla Direzione Lavori e dovranno essere realizzate in lamierino d'acciaio o altro materiale approvato dalla Direzione Lavori. Le guaine dovranno essere sufficientemente rigide e resistenti da mantenere la propria forma durante la posa in opera e il getto del calcestruzzo nonché da resistere alle forze derivanti dai cavi di precompressione senza subire danni.

La progettazione dei condotti dovrà consentire alla malta di essere iniettata da entrambe le estremità. Non dovrà essere presente alcun cambiamento brusco nel diametro del condotto.

#### 4.4.2.4 Tubi di sfiato e relative valvole per la malta

Le valvole per i tubi di sfiato della malta nei condotti dovranno essere di un tipo approvato dalla Direzione Lavori e dovranno consentire la chiusura degli sfiati senza perdita di pressione all'interno del condotto. Gli sfiati, utilizzabili anche come punti d'ingresso della malta, dovranno essere filettati o incorporare connettori filettati o altri dispositivi simili che consentano il collegamento alle pompe per la malta.

#### 4.4.2.5 Malta per i sistemi di precompressione di tipo tixotropico

La malta per i sistemi di precompressione dovrà essere costituita da cemento Portland ordinario e acqua. Sabbia, ceneri volanti e additivi non dovranno venire impiegati salvo approvazione della Direzione Lavori.

La malta sarà di tipo tixotropico secondo le indicazioni dei disegni e con le caratteristiche approvate dal progettista e dalla D.L..

La malta per applicazioni normali dovrà avere una resistenza minima a compressione di 25 MPa a 7 giorni.

La quantità di essudazione dalla malta non dovrà superare il 2% nelle prime 3 ore e non dovrà superare il 4% in totale; l'acqua dovrà essere riassorbita dalla malta nelle 24 ore successive alla miscelazione.

La dilatazione libera della malta non dovrà superare il 10% a temperatura ambiente.

Il contenuto totale massimo di cloruro della malta, espresso come relazione percentuale tra lo ione di cloruro e il contenuto cementizio della malta in termini di massa, non dovrà superare lo 0,1%.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.4.3 Documentazione da presentare

##### 4.4.3.1 Particolari dei sistemi di precompressione

Dovranno essere sottoposti all'approvazione della Direzione Lavori i seguenti particolari relativi ai sistemi di precompressione proposti:

- a) particolari del sistema di precompressione, compresi i tiranti di precompressione, i componenti di precompressione, le guaine e gli apparecchi di tesatura,
- b) la sequenza di tesatura e le estremità dei tiranti da tendere,
- c) valori calcolati di:
  - ogni tipo di caduta di precompressione
  - gli sforzi nei tiranti di precompressione
  - gli allungamenti dei tiranti di precompressione e particolari del metodo di misurazione degli allungamenti.
- c. un certificato dimostrante che gli apparecchi di tesatura sono stati collaudati e tarati da un tecnico approvato dalla Direzione Lavori, entro un anno prima che tali apparecchi vengano utilizzati,
- d. qualsiasi modifica all'armatura o armatura aggiuntiva richiesta per assorbire le tensioni di trazione dovute alla testata di ancoraggio,
- e. particolari della protezione anti-corrosione richiesta per il sistema di precompressione,
- f. particolari del formato delle tabelle di tesatura e delle relazioni in merito alle operazioni di tesatura, di iniezione della malta e delle prove di attrito del condotto.

##### 4.4.3.2 Particolari dei tiranti di precompressione

Dovranno essere sottoposti all'approvazione della Direzione Lavori i seguenti particolari relativi ai tiranti di precompressione proposti:

- un certificato del produttore indicante il nome del produttore, la data e la località di produzione fornendo particolari su:
  - analisi di colata
  - diametro, area sezionale e massa ad unità di lunghezza

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- risultati delle prove sulle proprietà meccaniche, compreso il carico caratteristico di rottura, carico caratteristico di prova allo 0.1%, allungamento al carico massimo, rilassamento e modulo di elasticità,
- risultati delle prove sulla duttilità dei fili di precompressione.

I particolari dovranno essere presentati alla Direzione Lavori per ogni lotto di cavi di precompressione consegnato in cantiere, con un anticipo di almeno 28 giorni prima dell'inizio dell'installazione dei tiranti di precompressione.

#### **4.4.3.3 Particolari relativi alla miscela di malta e alla procedura di iniezione malta**

Dovranno essere sottoposti all'approvazione della Direzione Lavori i seguenti particolari relativi alla miscela di malta e alla procedura di iniezione:

- a) rapporto acqua cemento in base alla massa,
- b) particolari relativi alle apparecchiature per la miscelazione e l'iniezione della malta,
- c) metodo di controllo della qualità durante l'iniezione della malta,
- d) particolari relativi alle prove d'iniezione della malta.

I suddetti particolari dovranno essere presentati alla Direzione Lavori almeno 7 giorni prima delle miscela di prova per l'iniezione.

#### **4.4.3.4 Campioni dei materiali**

Dovranno essere presentati alla Direzione Lavori campioni dei seguenti particolari relativi ai sistemi di precompressione:

- a) tiranti di precompressione,
- b) componenti di precompressione,
- c) guaine
- d) tubi di sfiato della malta e valvole.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### **4.4.4 Prove**

##### **4.4.4.1 Miscele di prova della malta**

Sarà necessario confezionare una miscela di prova della malta per sistemi di precompressione al fine di fornire prova che i materiali proposti, la miscela per malta e i metodi di produzione permetteranno la costituzione di una malta conforme ai requisiti prescritti.

Le miscele di prova dovranno essere completate almeno 10 giorni prima che la miscela di malta venga utilizzata nell'opera permanente.

Prima di costituire le miscele di prova, il Contraente Generale dovrà informare la Direzione Lavori con un anticipo di almeno 24 ore o di un periodo di tempo minore stabilito dalla Direzione Lavori.

Le miscele di prova dovranno essere costituite utilizzando materiali, miscele di malta e metodi di produzione conformi a quanto stabilito dalla Direzione Lavori.

##### **4.4.4.2 Campioni di miscele di malta di prova**

Onde determinare la quantità di essudazione e di dilatazione libera della malta, si dovrà prelevare un campione di malta dalla miscela di prova.

Onde determinare la resistenza a compressione della malta, si dovrà prelevare un campione di malta dalla miscela di prova.

Il metodo di campionatura dovrà essere conforme a quanto indicato al paragrafo 4.4.15.1.

##### **4.4.4.3 Verifica delle miscele di malta di prova**

Ciascun campione di malta dovrà essere sottoposto a prove per determinare la quantità di essudazione e di dilatazione libera.

Ciascun campione di malta dovrà essere sottoposto a prove per determinare la resistenza a compressione.

Il metodo di verifica dovrà essere conforme a quanto indicato al paragrafo 4.4.15.2.

##### **4.4.4.4 Non conformità: miscele per malta di prova**

Se il risultato di qualsiasi prova relativa a essudazione, dilatazione libera o resistenza a compressione delle miscele per malta di prova non ottempera ai requisiti prescritti, si dovranno sottoporre alla Direzione Lavori particolari delle modifiche proposte per i materiali, la miscela di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

malta o i metodi di produzione. Si dovranno confezionare ulteriori miscele di prova e sottoporle a prove fino a quando non si ottengano risultati che siano conformi alle prescrizioni.

Qualora le prove di iniezione di malta siano state eseguite impiegando una miscela di prova non conforme, si dovranno eseguire ulteriori prove di iniezione, a meno che la Direzione Lavori non ritenga che le modifiche ai materiali, alla miscela di malta o ai metodi di produzione non modificherebbero i risultati delle precedenti prove di iniezione.

#### **4.4.4.5 Prove di iniezione**

Sarà necessario eseguire prove di iniezione di malta per i sistemi di precompressione per dimostrare che i materiali proposti, la miscela della malta e i metodi di produzione siano idonei a conseguire l'iniezione di un condotto con malta conforme alle prescrizioni.

Le prove di iniezione dovranno essere completate almeno 3 giorni prima dell'inizio dell'iniezione vera e propria.

Prima di eseguire le prove di iniezione, il Contraente Generale dovrà informare la Direzione Lavori con un anticipo di almeno 24 ore o di un periodo di tempo minore stabilito dalla Direzione Lavori.

Le prove di iniezione dovranno essere eseguite utilizzando i materiali, le miscele di malta e i metodi di produzione sottoposti alla Direzione Lavori.

Il profilo dei condotti e il metodo di sostegno per le prove di iniezione dovranno essere conformi a quanto concordato con la Direzione Lavori. Le condotte dovranno essere dotate di tubi di sfiato e i tiranti dovranno essere tesati.

Le prove di iniezione che non fanno parte dell'opera permanente dovranno essere rimosse.

#### **4.4.4.6 Verifica delle prove di iniezione**

Si dovranno prelevare con un taglio dal condotto iniettato di malta tre tratti selezionati dalla Direzione Lavori e si dovranno esaminarli non prima di 2 ore dopo la presa finale della malta utilizzata nella prova di iniezione.

#### **4.4.4.7 Criteri di conformità: prove di iniezione**

I tratti prelevati dal condotto iniettato di malta nelle prove di iniezione dovranno essere completamente riempiti di malta e il tirante di precompressione dovrà essere totalmente circondato di malta.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### **4.4.4.8 Non conformità: prove di iniezione**

Se il risultato di una prova qualunque sui tratti del condotto iniettato di malta prelevati nelle prove di iniezione non risulta conforme alle prescrizioni per la prova, oppure se la Direzione Lavori ritiene che qualsiasi aspetto della procedura di iniezione, come evidenziato dalla prova stessa, non sia soddisfacente, si dovranno sottoporre alla Direzione Lavori particolari di modifiche proposte ai materiali, alla miscela di malta, ai metodi di produzione e ai metodi di esecuzione; si dovranno quindi eseguire ulteriori prove di iniezione fino a quando non si ottengano risultati tutti conformi alle prescrizioni e la Direzione Lavori non ritenga che ogni aspetto della procedura di iniezione sia soddisfacente. Sarà necessario confezionare ulteriori miscele di malta di prova a meno che la Direzione Lavori ritenga che la non conformità della prova di iniezione non sia dovuta alla miscela di malta.

#### **4.4.4.9 Miscela di malta approvata**

Una miscela di malta che ottempera alle prescrizioni relative alle miscele di malta di prova e alle prove di iniezione diventerà una miscela di malta approvata.

#### **4.4.4.10 Inizio delle iniezioni**

Le iniezioni non dovranno iniziare fino a quando la miscela di malta non abbia ottenuto l'approvazione della Direzione Lavori.

#### **4.4.4.11 Varianti di materiali e modalità esecutive**

I materiali, la miscela di malta, i metodi di produzione e i metodi di esecuzione adoperati per produrre una miscela di malta approvata non dovranno essere modificati, salvo autorizzazione da parte della Direzione Lavori.

### **4.4.5 Gestione e immagazzinamento dei materiali**

#### **4.4.5.1 Gestione dei tiranti di precompressione**

I tiranti di precompressione dovranno essere spostati con cura onde evitare urti, cadute da altezza, o danni.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### **4.4.5.2 Gestione dei componenti di precompressione**

I componenti di precompressione dovranno essere maneggiati conformemente a quanto indicato dal produttore.

#### **4.4.5.3 Immagazzinamento dei materiali per sistemi di precompressione**

I tiranti di precompressione e le guaine dovranno essere immagazzinati all'asciutto su ripiani piani rialzati dal terreno in modo da evitare danno deformazione o contaminazione dei materiali.

Diversi tipi e grandezze di tiranti, componenti di precompressione e guaine dovranno essere immagazzinati separatamente.

I tiranti, i componenti di precompressione e le guaine non dovranno essere immagazzinati in adiacenza o sopra superfici di calcestruzzo che fanno parte delle opere permanenti.

I tiranti, i componenti di precompressione, e le guaine dovranno essere protetti dall'esposizione a condizioni che possano compromettere la buona conservazione.

#### **4.4.6 Condizione superficiale dei materiali per i sistemi di precompressione**

I tiranti, i componenti di precompressione e le guaine dovranno essere puliti al momento dell'installazione e privi di scaglie di laminazione sciolte, ruggine sconnessa, pittura, grassi o qualsiasi sostanza che a giudizio della Direzione Lavori possa ridurre l'aderenza o influire chimicamente su tiranti, componenti di precompressione, guaine, calcestruzzo o malta; i tiranti, i componenti di precompressione e le guaine dovranno essere mantenuti in questa condizione fino alla posa del calcestruzzo o della malta intorno ad essi.

Qualora la condizione superficiale di tiranti, componenti di precompressione o guaine si deteriorasse, detti elementi dovranno essere trattati mediante metodi approvati dalla Direzione Lavori.

#### **4.4.7 Installazione dei sistemi di precompressione**

Le operazioni di precompressione dovranno essere eseguite in modo tale da non compromettere l'incolumità di persone e beni a causa di un rilascio improvviso di energia immagazzinata in un tirante di precompressione sollecitato.

I tiranti, i componenti di precompressione e le guaine dovranno essere accuratamente posizionati, e mantenuti nella corretta posizione durante tutte le operazioni esecutive; i vincoli dovranno essere

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

disposti a un'interasse massimo di 600 mm.

#### **4.4.7.1 Installazione dei tiranti di precompressione**

I tiranti di precompressione di ciascun lotto non dovranno essere installati fino al termine delle prove di verifica del lotto.

Le barre in lega d'acciaio che siano diventate piegate non dovranno essere raddrizzate. Si potranno apportare piccole regolazioni per la rettilineità purché la rettificazione venga eseguita a temperatura ambiente senza mezzi meccanici e purché non venga applicata alcuna forza sulla parte filettata. Le barre che siano divenute piegate nella parte filettata non dovranno essere utilizzate.

I tiranti di precompressione che sono stati danneggiati meccanicamente o per incrudimento o per riscaldamento non dovranno essere utilizzati. Dopo la produzione, i tiranti di precompressione non dovranno essere saldati né rivestiti né sottoposti a trattamento termico, incrudimento, zincatura e altri rivestimenti metallici.

#### **4.4.7.2 Taglio dei tiranti di precompressione**

I tiranti di precompressione dovranno essere tagliati mediante mola a disco ad alta velocità, sega a frizione o altri metodi approvati dalla Direzione Lavori; il taglio con fiamma non dovrà essere utilizzato.

#### **4.4.7.3 Giunzioni nei tiranti di precompressione**

Le giunzioni nei tiranti di precompressione dovranno essere realizzate mediante accoppiatori posti in opera conformemente a quanto indicato dal produttore.

#### **4.4.7.4 Impiego dei componenti di precompressione**

I componenti di precompressione dovranno essere utilizzati conformemente a quanto indicato dal produttore.

#### **4.4.7.5 Installazione delle guaine**

Al momento della tesatura, le guaine dovranno essere prive di ammaccature o altre irregolarità che potrebbero influire sulla tesatura.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.4.7.6 Giunzioni nelle guaine

Le giunzioni nelle guaine dovranno essere saldamente sigillate con nastro isolante onde evitare la penetrazione di calcestruzzo o malta nel condotto. Le giunzioni in guaine adiacenti dovranno essere sfalsate di almeno 300 mm.

#### 4.4.7.7 Installazione di tubi di sfiato della malta e valvole

I tubi di sfiato della malta e le relative valvole dovranno essere predisposte nelle seguenti posizioni:

- a) in corrispondenza di tutti i punti superiori dei profili dei tiranti di precompressione,
- b) in corrispondenza di tutti i punti inferiori dei profili dei tiranti di precompressione,
- c) in corrispondenza di tutte le testate di ancoraggio,
- d) ad intervalli non superiori a 15 m.

I tubi di sfiato non dovranno essere collocati dove potrebbero venire bloccati dai tiranti di precompressione dopo la tesatura.

#### 4.4.8 Tesatura dei tiranti di precompressione

Gli apparecchi di tesatura per i tiranti di precompressione dovranno essere tali da permettere l'applicazione graduale della forza di tiro totale; il tiro dovrà essere controllato in modo da non indurre tensioni secondarie eccessive nei tiranti di precompressione, nei componenti di precompressione o nella struttura o nell'elemento sul quale si sta applicando la precompressione.

I tiranti di precompressione dovranno essere saldamente attaccati ai martinetti e agli apparecchi di tesatura.

I fili o i trefoli di acciaio da tesarsi simultaneamente dovranno avere approssimativamente la stessa lunghezza tra i punti di ancoraggio.

La forza nei tiranti di precompressione durante la tesatura dovrà essere misurata tramite celle di carico a lettura diretta oppure dovrà essere ottenuta indirettamente da manometri integrati nel sistema oleodinamico. I dispositivi di misurazione del carico dovranno avere una tolleranza massima pari al 2%.

L'allungamento dei tiranti di precompressione e qualsiasi loro movimento negli apparecchi di ancoraggio dovranno essere misurati durante la tesatura. L'allungamento dei tiranti di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

precompressione dovrà essere misurato con un margine di precisione pari al valore minore tra il 2% della lunghezza o 2 mm.

Gli apparecchi di tesatura e i dispositivi di misurazione del carico dovranno essere tarati fino a quando il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza prescritta all'atto della precompressione. La resistenza del calcestruzzo all'atto della precompressione dovrà essere determinata da almeno 2 provini cubici realizzati e sottoposti a prova. Tali provini dovranno essere stagionati in condizioni simili al calcestruzzo al quale si riferiscono, secondo modalità approvate dalla Direzione Lavori.

#### **4.4.8.1 Precompressione a tiranti pretesi**

La tensione nei tiranti di precompressione dovrà essere mantenuta costante durante il periodo intercorrente tra la tesatura del tirante e il trasferimento al calcestruzzo. Il trasferimento al calcestruzzo dovrà attuarsi gradualmente per minimizzare urti o danni alla lunghezza di trasmissione e dovrà essere eseguito congiuntamente al rilascio delle eventuali forze nei deviatori del tirante.

Nel metodo di produzione simultanea di molteplici elementi in linea, si dovranno distribuire guide lungo tutta la lunghezza del letto per il getto atte ad assicurare che le posizioni corrette dei fili o trefoli d'acciaio siano mantenute durante il getto di calcestruzzo. Gli elementi in linea dovranno essere liberi di scorrere lungo la loro lunghezza intera in modo tale da permettere il trasferimento della forza di precompressione al calcestruzzo lungo l'intera linea.

I casseri utilizzati nel sistema di pretensionamento a cassero reagente dovranno essere sufficientemente rigidi da contrastare la forza di presollecitazione senza eccessiva deformazione.

I deviatori a contatto con i tiranti di precompressione pretensionati, costituiti da singoli fili o trefoli d'acciaio, dovranno avere un raggio pari ad almeno cinque volte il diametro del tirante nel caso di fili e pari ad almeno dieci volte il diametro nel caso di trefoli. L'angolo totale di deviazione non dovrà superare 15°. Se si utilizza un sistema di deviazione nel quale vi sia attrito tra i tiranti di precompressione e i deviatori, la forza di attrito dovrà essere determinata per mezzo di una procedura di prova autorizzata dalla Direzione Lavori.

#### **4.4.8.2 Post-tesatura**

Dovrà essere sottoposta ad approvazione della Direzione Lavori una tabella di tesatura con un anticipo di almeno 48 ore rispetto all'inizio di ogni operazione di tesatura. La suddetta tabella dovrà definire la sequenza di tesatura proposta per i tiranti di precompressione, le forze di tesatura

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

richieste e gli allungamenti calcolati per i tiranti.

I distanziatori utilizzati congiuntamente a fili o trefoli d'acciaio post-tesi che non vengono tesi simultaneamente dovranno essere sufficientemente rigidi da garantire circa l'assenza di spostamenti durante le successive operazioni di tesatura.

Se entrambi gli ancoraggi del tirante di precompressione sono a tendere, prima dell'inizio della tesatura definitiva si dovranno eseguire delle prove per dimostrare che tutti i tiranti di precompressione sono liberi di scorrere all'interno dei condotti.

La post-tesatura dovrà essere eseguita in modo che la tensione nei tiranti di precompressione sia applicata in maniera progressiva e graduale. La sequenza di tesatura proposta per i tiranti di precompressione e le testate alle quali si applicherà la tesatura dei tiranti dovranno essere conformi a quanto indicato nelle Specifiche Tecniche o a quanto approvato dalla Direzione Lavori.

Per ogni elemento di una struttura che viene precompresso, la post-tesatura dei tiranti di precompressione dovrà essere eseguita fino all'ottenimento della precompressione richiesta per l'elemento in oggetto. La tesatura di ogni cavo di precompressione dovrà essere eseguita in modo continuo fino al raggiungimento del carico o dell'estensione del cavo prescritti. Se la tesatura viene interrotta per più di 2 giorni, si dovranno sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori interventi correttivi; la tesatura stessa non dovrà essere ripresa fino all'esecuzione dell'intervento approvato.

La misurazione degli allungamenti non dovrà iniziare fino a quando i tiranti non siano stati tesati ad una bassa tensione iniziale fino all'eliminazione totale di qualsiasi allentamento. Se la struttura lo permette, si dovrà misurare il rientro dei tiranti di precompressione alla testata di ancoraggio fissa. La tesatura dovrà essere applicata attraverso incrementi di carico e l'allungamento dovrà essere misurato ad ogni incremento. L'allungamento misurato medio dovrà avere uno scarto contenuto entro il 5% dell'allungamento calcolato e l'allungamento misurato dei singoli tiranti dovrà avere uno scarto contenuto entro il 10% dell'allungamento calcolato.

Se il deviatore per tirante a contatto con un tirante di precompressione post-teso ha un raggio minore di 50 volte il diametro del tirante di precompressione oppure se l'angolo totale di deviazione supera i 15°, la perdita di resistenza del tirante di precompressione, di cui si dovrà debitamente tenere conto, dovrà essere determinata mediante una procedura di prova approvata dalla Direzione Lavori.

I tiranti di precompressione post-tesi dovranno essere tagliati a una distanza di almeno un diametro o 10 mm dall'ancoraggio. Salvo diversa indicazione della Direzione Lavori, i tiranti, nel caso di taglio del tirante stesso prima della iniezione, non dovranno essere tagliati per almeno 24

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>	<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

ore dopo la tesatura o per almeno 72 ore in caso di taglio dopo l'iniezione.

#### **4.4.8.3 Protezione dei tiranti di precompressione esterni e degli ancoraggi**

I tiranti di precompressione esterni e gli ancoraggi dovranno essere protetti da danni meccanici e corrosione fino a quando non sia stata applicata la protezione permanente.

#### **4.4.8.4 Documentazione relativa alle operazioni di tesatura**

La documentazione relativa alle operazioni di tesatura dovrà essere tenuta dal Contraente Generale nel Cantiere e dovrà essere fornita alla Direzione Lavori entro 24 ore da ogni operazione di tesatura. La suddetta documentazione dovrà contenere i seguenti particolari:

- a) ubicazione delle operazioni di tesatura,
- b) dati tecnici relativi ai trefoli utilizzati,
- c) la data e ora dell'inizio e del completamento delle operazioni di tesatura
- d) le condizioni meteorologiche
- e) i tecnici addetti alla supervisione e all'esecuzione delle operazioni di tesatura,
- f) i numeri di riferimento dei tiranti di precompressione
- g) l'identificazione degli apparecchi di tesatura,
- h) gli allungamenti misurati,
- i) le letture di manometro o di celle di carico,
- j) l'entità del rientro agli ancoraggi.

#### **4.4.9 Ispezione dei sistemi di precompressione**

Il Contraente Generale permetterà alla Direzione Lavori, prima di eseguire qualunque operazione che renda difficile l'accesso al sistema di precompressione, di ispezionare il sistema stesso di precompressione, ivi compresi getti di calcestruzzo e iniezioni. Il Contraente Generale informerà la Direzione Lavori con un anticipo di almeno 24 ore prima dell'inizio di tali operazioni.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### **4.4.10 Iniezione dei sistemi di precompressione**

##### **4.4.10.1 Apparecchiature per l'iniezione**

La malta per i sistemi di precompressione dovrà essere preparata con un'apparecchiatura in grado di produrre una malta colloidale e omogenea e di mantenere la malta in agitazione lenta ma continua durante tutto l'intervallo tra la miscelazione e l'avvio delle operazioni di iniezione.

L'apparecchiatura per l'iniezione dovrà essere in grado di rimanere costantemente operativa con poca variazione di pressione e dovrà comprendere un sistema per la ricircolazione della malta quando l'iniezione non è in corso.

Le pompe per la malta dovranno essere dotate di una valvola di sicurezza per evitare che nascano pressioni eccessive. L'allacciamento della pompa al condotto dovrà avvenire tramite un manicotto filettato o altro metodo simile. I deflettori sulla pompa dovranno essere forniti di filtri a setaccio da 1,18 mm; i circuiti d'aspirazione dovranno essere ermetici.

Le apparecchiature per l'iniezione dovranno essere lavate accuratamente con acqua pulita dopo ogni serie di operazioni di iniezione e quotidianamente al termine delle operazioni.

##### **4.4.10.2 Efficacia dell'iniezione**

L'iniezione dei tiranti di precompressione dovrà essere efficace in modo che il condotto venga completamente riempito e il tirante di precompressione completamente circondato con malta.

##### **4.4.10.3 Iniezione della malta**

Il permesso a procedere con l'iniezione della malta da parte della Direzione Lavori dovrà essere ottenuto prima che i tiranti di precompressione siano iniettati. Se l'iniezione non viene iniziata entro 24 ore dal rilascio del suddetto permesso, sarà necessario richiedere un nuovo permesso alla Direzione Lavori.

L'iniezione dei tiranti di precompressione dovrà essere eseguita il più presto possibile, e non oltre 5 giorni dopo la tesatura dei suddetti tiranti di precompressione.

L'ostruzione parziale o totale dei tubi di sfiato dovrà essere eliminata prima dell'avvio dell'iniezione. I condotti dovranno essere asciugati mediante soffiatura di aria compressa priva di olio.

La malta dovrà essere utilizzata entro 30 minuti dalla miscelazione, a meno che essa contenga un ritardante. Se si utilizza un ritardante, il tempo massimo tra miscelazione e iniezione dovrà essere determinato da una prova concordata con la Direzione Lavori.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La pressione applicata alla malta dovrà essere la più bassa possibile e non dovrà superare 1 MPa. La malta dovrà essere iniettata dall'estremità inferiore dei condotti. L'iniezione della malta dovrà essere continua e costante e dovrà avvenire con una portata che impedisca la segregazione della malta e l'intrappolamento d'aria nella condotta. Si dovrà fare in modo che la malta defluisca da ciascuno dei tubi di sfiato, finché la sua consistenza sarà equivalente a quella della malta iniettata. Dopo la chiusura dell'ultimo tubo di sfiato, la pressione dovrà essere mantenuta a 0,5 MPa per 5 minuti. I tubi d'iniezione dovranno quindi essere chiusi sotto pressione.

Se si dovessero verificare ostruzioni, guasti o se l'iniezione della malta viene interrotta, il condotto dovrà essere subito lavato accuratamente con acqua pulita e asciugata tramite soffiatura di aria compressa priva di olio; l'iniezione dovrà quindi ripartire il più presto possibile.

I condotti non dovranno subire urti o vibrazioni nelle 24 ore successive all'iniezione.

Il livello della malta nei tubi di sfiato dovrà essere ispezionato e regolato come concordato con la Direzione Lavori. La regolazione non dovrà avvenire fino ad almeno 2 giorni dopo l'iniezione.

#### **4.4.10.4 Documentazione relativa alle operazioni d'iniezione**

La documentazione relativa alle operazioni d'iniezione per i sistemi di precompressione dovrà essere tenuta dal Contraente Generale in Cantiere e dovrà essere fornita alla Direzione Lavori entro un tempo di 3 giorni dopo ciascuna operazione d'iniezione. La suddetta documentazione dovrà contenere i particolari qui di seguito elencati:

- a) ubicazione delle operazioni d'iniezione,
- b) data e ora d'inizio e di completamento delle operazioni d'iniezione,
- c) condizioni meteorologiche,
- d) personale tecnico addetto alla supervisione o all'esecuzione delle operazioni d'iniezione,
- e) numeri di riferimento dei tiranti di precompressione
- f) miscela della malta, compresi eventuali additivi,
- g) pressione d'iniezione della malta,
- h) volume della malta utilizzata,
- i) particolari relativi a eventuali interruzioni o rabbocature,
- j) eventuali osservazioni e note.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>	<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

#### 4.4.11 Tolleranze per le guaine

Il profilo delle guaine non dovrà discostarsi più di 5 mm rispetto a quello previsto.

#### 4.4.12 Collaudo degli elementi precompressi

Il collaudo degli elementi precompressi dovrà essere in accordo a quanto previsto dalla normativa vigente.

#### 4.4.13 Verifica dei tiranti di precompressione

##### 4.4.13.1 Lotto di tiranti di precompressione

Per lotto di tiranti di precompressione si intende una qualsiasi quantità di tiranti di precompressione dello stesso tipo, dimensione e resistenza, prodotta dallo stesso produttore, coperta dagli stessi certificati e consegnata al Cantiere nella stessa spedizione.

##### 4.4.13.2 Campioni di tiranti di precompressione

Si dovranno fornire campioni di tiranti di precompressione da ciascun lotto di tiranti di precompressione consegnato al Cantiere, con un anticipo di almeno 28 giorni prima dell'inizio dell'installazione di tali tiranti. Il numero di campioni da fornire da ciascun lotto dovrà essere conforme a quanto indicato nella Tabella 5.

Il numero di campioni elementari in ogni campione dovrà essere 15.

Ogni campione elementare dovrà essere lungo 2 metri.

Ogni campione elementare dovrà essere prelevato da bobine o barre diverse nel lotto. Prima della consegna in laboratorio, le estremità dei campioni elementari dovranno essere tagliate senza disfare i fili.

Il Contraente Generale dovrà permettere alla Direzione Lavori di effettuare il 10% delle prove di riferimento, in conformità con le Specifiche Tecniche.

**Tabella 5 - Frequenza di campionatura dei tiranti di precompressione**

Descrizione	Dimensione del lotto	Numero di campioni per lotto
Filo d'acciaio	0 - 50 tonnellate	1

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	superiore a 50 tonnellate	1 ogni 50 tonnellate o parte rimanente
Trefolo d'acciaio o barra in lega d'acciaio	0 -100 tonnellate	1
	superiore a 100 tonnellate	1 ogni 100 tonnellate o parte rimanente

#### 4.4.13.3 Verifica dei tiranti di precompressione

Ogni campione di tiranti di precompressione dovrà essere sottoposto a prova per determinare carico caratteristico di rottura, carico caratteristico allo 0,1%, allungamento al carico massimo, diametro, area della sezione, massa e modulo di elasticità. Inoltre, ogni campione di tirante di precompressione dovrà essere sottoposto a prova per determinarne la duttilità.

Salvo il fatto che le prove dovranno essere eseguite su campioni ad una temperatura tra 5 °C e 30 °C, il metodo di prova dovrà essere conforme a quanto di seguito riportato:

Fili e trefoli in acciaio armonico per la precompressione del calcestruzzo:	UNI EN ISO 15630
---	------------------

#### 4.4.13.4 Criteri di conformità relativi al carico caratteristico di rottura e al carico caratteristico allo 0,1%

Gli scarti standard dei risultati delle prove per il carico caratteristico di rottura e per il carico caratteristico di prova 0,1% dei tiranti di precompressione, espressi come tensione equivalente, non dovranno superare i valori sotto riportati:

- a) resistenza a trazione : 55 MPa
- b) tensione allo 0,1% : 60 MPa.

#### 4.4.13.5 Non conformità relativa ad allungamento, diametro, area sezionale, massa, modulo di elasticità, duttilità

Se il risultato di una qualsiasi prova dei tiranti di precompressione non è conforme ai requisiti prescritti, si dovrà fornire un ulteriore campione dallo stesso lotto ed eseguire prove supplementari per la caratteristica non conforme.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il numero di campioni elementari nel campione supplementare dovrà essere pari a 15.

Il lotto dovrà essere considerato non conforme ai requisiti prescritti per la caratteristica qualora il risultato di qualsiasi prova supplementare non sia conforme ai requisiti prescritti per tale caratteristica.

#### **4.4.14 Verifica dell'attrito della guaina**

##### **4.4.14.1 Verifica dell'attrito della guaina**

Il numero e i particolari delle prove per determinare l'attrito della guaina in sistemi di precompressione dovranno corrispondere a quanto indicato nelle Specifiche Tecniche. Il metodo di prova dovrà essere conforme a quanto di seguito indicato.

I tiranti di precompressione dovranno essere tesi solamente da una testata e la forza del cavo dovrà essere misurata sia alla testata a tendere sia a quella fissa.

La forza del cavo alla testata fissa dovrà essere misurata utilizzando un dispositivo di misurazione del carico approvato dalla Direzione Lavori. Una cellula di carico a lettura diretta o un martinetto passivo sono da considerarsi idonei quale dispositivo di misurazione del carico. Il dispositivo di misurazione del carico dovrà essere sufficientemente rigido da assicurare che il movimento del tirante all'estremità fissa in corrispondenza del carico di tesatura prescritto non sia eccessivo. La deformazione del dispositivo di misurazione del carico dovrà essere misurata con una precisione di 0,5 mm. Non si dovrà utilizzare un dispositivo di misurazione del carico che abbia una deformazione sotto carico massimo superiore a 10 mm.

Il tirante di precompressione dovrà essere tesato sino alla forza prescritta con incrementi eguali e gli allungamenti del tirante alla testata a tendere, nonché la forza nel tirante e il movimento del tirante alla testata fissa dovranno essere misurati con una precisione di 5 mm. Il numero di incrementi di carico dovrà essere adatto all'operazione di tesatura ma non dovrà essere inferiore a cinque.

Il Contraente Generale dovrà invitare la Direzione Lavori a presenziare alla prova. Non saranno richieste Prove di Riferimento.

##### **4.4.14.2 Criteri di conformità relativi all'attrito della guaina**

La forza all'estremità fissa del tirante di precompressione determinata nella prova di attrito della guaina dovrà risultare compresa tra +10% e -5% del valore calcolato.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### **4.4.14.3 Documentazione relativa alle prove di attrito della guaina**

Le relazioni relative alle prove di attrito del condotto dovranno essere sottoposte alla Direzione Lavori entro 3 giorni dal completamento di ogni prova. Tale documentazione dovrà contenere i particolari qui di seguito elencati:

- a) particolari indicati al paragrafo 4.4.8.4;
- b) numeri di riferimento dei tiranti di precompressione;
- c) grafico in cui è tracciato l'andamento della forza nel tirante all'estremità a tendere contro l'andamento della forza nel tirante all'estremità fissa;
- d) confronto tra le forze nel tirante all'estremità fissa di calcolo e i valori misurati.

#### **4.4.15 Prove relative alla malta per sistemi di precompressione**

Un lotto di malta per sistemi di precompressione si definisce come qualunque quantità di malta prodotta in un ciclo operativo di una betoniera.

##### **4.4.15.1 Campionatura per prove di essudazione e dilatazione libera della malta**

Per ogni miscela di malta, si dovrà fornire un campione ogni 25 lotti di malta o almeno un campione al giorno (il valore minore tra i due) al fine di determinare l'essudazione e la dilatazione libera della malta.

I campioni dovranno essere prelevati e le prove avviate entro 1 ora dalla miscelazione della malta. I campioni dovranno essere protetti dalla pioggia in attesa dell'esecuzione delle prove di essudazione e dilatazione libera.

##### **4.4.15.2 Prove di essudazione e dilatazione libera della malta**

Ogni campione di malta prelevato conformemente a quanto stabilito nel paragrafo 4.4.15.1 dovrà essere suddiviso in tre campioni elementari, ognuno dei quali verrà sottoposto a prova onde determinare la quantità di essudazione e dilatazione libera.

Una porzione di ogni campione elementare dovrà essere posta in un cilindro coperto avente un diametro di  $100 \pm 5$  mm e la quantità di essudazione e dilatazione libera dovrà essere misurata a mezzo di una scala graduata posta sull'esterno del cilindro.

Il Contraente Generale dovrà invitare la Direzione Lavori a presenziare alla prova. Non saranno

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>CAPITOLATI TECNICI PER LA COSTRUZIONE - SOTTOSTRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0306_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

richieste Prove di Riferimento.

#### **4.4.15.3 Non conformità relativa a prove di essudazione e dilatazione libera della malta**

Se il risultato di qualunque prova relativa all'essudazione o alla dilatazione libera della malta per sistemi di precompressione non risulta conforme ai requisiti prescritti, si dovranno sottoporre alla Direzione Lavori modifiche ai materiali, alla miscela di malta o ai metodi di produzione della malta e si dovranno eseguire ulteriori prove di iniezione salvo indicazione diversa da parte della Direzione Lavori.

#### **4.4.15.4 Campionatura per prove di resistenza a compressione della malta**

Per ogni miscela di malta, si dovrà fornire un campione ogni 25 lotti di malta o almeno un campione al giorno (il valore minore tra i due) al fine di determinare la resistenza a compressione della malta.

I campioni dovranno essere prelevati entro un'ora dalla preparazione della malta e dovranno essere protetti dalla pioggia mentre vengono confezionati i provini cubici.

Il Contraente Generale dovrà permettere alla Direzione Lavori di effettuare il 10% delle prove di riferimento, in conformità con le Specifiche Tecniche.

#### **4.4.15.5 Prova di resistenza a compressione della malta**

Per ogni campione di malta dovranno essere confezionati due provini cubici da 100 mm conformemente a quanto indicato al paragrafo 4.4.15.4. Ogni coppia di provini cubici dovrà essere sottoposta a prova per determinare la resistenza a compressione a 7 giorni.

Il metodo di confezione, stagionatura e prova dei provini cubici, e il calcolo dei risultati della prova, dovranno essere conformi a quanto indicato al paragrafo 4.3.18 relativo alle prove nei calcestruzzi.

#### **4.4.15.6 Non conformità: resistenza a compressione della malta**

Se il risultato di qualsiasi prova relativa alla resistenza della malta a compressione per i sistemi di precompressione non risulta conforme ai requisiti prescritti, si dovranno sottoporre alla Direzione Lavori modifiche per i materiali, la miscela di malta o i metodi di produzione e si dovranno eseguire ulteriori prove di iniezione salvo indicazione diversa della Direzione Lavori.