

**DIREZIONE OPERE PUBBLICHE**

COMMITTENTE		COMUNE			
<b>SCR Piemonte</b>		<b>Città di TORINO</b>			
LIVELLO PROGETTUALE					
<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>					
CUP	TITOLO INTERVENTO				
<b>C14E21001220001</b>	<b>TORINO, IL SUO PARCO, IL SUO FIUME: MEMORIA E FUTURO” REALIZZAZIONE DELLA BIBLIOTECA CIVICA E RIQUALIFICAZIONE DEL TEATRO NUOVO</b>				
CODICE OPERA					
<b>22044D02</b>					
ELABORATO N.	TITOLO ELABORATO				
<b>001</b>	<b>DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI - STRUTTURE</b>				
DATA	SCALA	AREA PROGETTUALE			
<b>settembre 2022</b>	-	<b>STRUTTURE</b>			
FORMATO DI STAMPA	CODICE GENERALE ELABORATO			NOME FILE	
<b>A4</b>	<b>22044D02_1_0_P_GE_00_DB_001_0</b>			<b>22044D02_1_0_P_GE_00_DB_001_0_CSA - II - STR.docx</b>	
VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	DIS.	CONTR.	APPR.
0	settembre 2022	Prima Emissione	BRC	BRC	LCN
RTP PROGETTAZIONE			TIMBRI - FIRME		
<b>RAFAEL MONEO</b> Arch. Rafael Moneo (mandante) Calle Cinca 5 - 28002 Madrid (Spagna)  <b>ISOLARCHITETTI</b> Isolarchitetti S.r.l. (mandante) Via Mazzini, 33 - 10123 Torino  <b>ICIS</b> ICIS S.r.l. (mandataria) Corso Einaudi, 8 - 10128 Torino <b>Ing. Quirico</b> Ing. Giovanni Battista Quirico (mandante) Corso Giovanni Lanza, 58 - 10131 Torino  <b>MCM</b> Ingegneria (mandante) Vicolo Vincenzo Monti, 8, 10095 Grugliasco (TO)  <b>onleco</b> Onleco Srl (mandante) Via Pigafetta,3 - 10129 Torino			<b>Progettista Strutture</b> <b>Ing. Andrea Baracco (ICIS Srl)</b>  <b>Integrazione prestazioni specialistiche:</b> <b>Ing. Luciano Luciani (ICIS Srl)</b>		
ORGANISMO DI CONTROLLO			SCR PIEMONTE S.p.A.		
<b>CONTECO S.p.A.</b> Responsabile di Commessa: <b>Ing. Daniele Baldi</b>			Responsabile del Procedimento: <b>Arch. Sergio Manto</b>		

## Sommario

1	PREMESSA .....	4
1.1	Cenni sul complesso esistente .....	4
1.2	Interventi sull'esistente.....	4
1.2.1	Interventi su copertura ondulata in ferro-cemento .....	5
1.2.2	Interventi su <i>ventaglio</i> .....	5
1.2.3	Interventi su <i>pilastroni</i> .....	6
1.2.4	Interventi su arco <i>SAP</i> .....	6
1.2.5	Interventi su pilastri.....	6
1.2.6	Interventi su travi abside .....	7
1.2.7	Interventi su solai .....	7
1.2.8	Interventi su pareti di tamponamento .....	7
1.2.9	Interventi per connettivi verticali .....	8
1.2.10	Interventi di ripristino di elementi i c.a. e in ferro-cemento .....	8
1.3	Interventi di nuova realizzazione.....	8
1.3.1	Nuovi volumi interrati .....	8
1.3.2	Balconata esterna.....	9
1.3.3	Parapetti.....	9
1.3.4	Soppalchi interni.....	9
1.3.5	Opere minori.....	9
2	SVILUPPO DEL PROGETTO ESECUTIVO .....	10
3	PROCEDURE AMMINISTRATIVE .....	12
4	COLLAUDO .....	12
5	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	13
6	LAVORAZIONI, MATERIALI E FORNITURE.....	14
6.1	Generalità .....	14
6.2	Designazioni corrispondenti per acciaio e cls .....	15
6.3	Scavi e reinterri .....	16
6.4	Lavori in calcestruzzo semplice ed armato .....	16
6.4.1	Calcestruzzi .....	17
6.4.2	Materiali costituenti.....	18
6.4.3	Confezione e trasporto.....	19
6.4.4	Additivi per calcestruzzo e modalità di impiego .....	19
6.4.5	Valutazione preliminare della resistenza .....	20
6.4.6	Controllo di produzione.....	20
6.4.7	CAM.....	21
6.4.8	Controllo di accettazione.....	21
6.4.9	Controllo della resistenza del cls in opera .....	22
6.4.10	Prodotti per impregnazione calcestruzzi esistenti .....	23
6.5	Barre d'armatura e reti .....	23
6.5.1	Materiali .....	24
6.5.2	Acciaio ad alta resistenza .....	25
6.5.3	CAM.....	25
6.5.4	Modalità esecutive - Generalità.....	25
6.6	Casseforme .....	26

6.6.1	Casserature in materiale e dimensioni a scelta dell'appaltatore .....	26
6.6.2	Casserature per opere interne di consolidamento, rinforzo, sottomurazione e simili .....	26
6.6.3	Trattamenti superficiali .....	26
6.7	Malte cementizie per riparazione e rinforzo delle strutture in calcestruzzo .....	26
6.7.1	Malte cementizia per ripristini (Tipo geolite o equivalente) .....	27
6.7.2	Malte cementizia per composti FRCM (Tipo geolite o equivalente) .....	28
6.7.3	Malte cementizia colabile per rinforzi FRC (Tipo geolite magma xenon o equivalente) .....	29
6.8	Malte di calce speciali .....	30
6.8.1	Malte di calce per muratura per iniezione (Tipo geocalce FI antisismico o equivalente) .....	30
6.8.2	Malte di calce per muratura (Tipo geocalce G antisismico o equivalente) .....	30
6.8.3	Malte di calce per composti FRCM (Tipo geocalce F antisismico o equivalente).....	31
6.9	Reti di fibra di basalto e acciaio inox .....	32
6.10	Tessuti in fibra di acciaio .....	32
6.11	Sistemi FRCM.....	33
6.12	Resine per inghisaggio .....	34
6.12.1	Resina per ancoraggio di barre ad aderenza migliorata su calcestruzzo .....	34
6.12.2	Resina per ancoraggio di barre ad aderenza migliorata su muratura.....	35
6.13	Opere in carpenteria metallica.....	35
6.13.1	Materiali .....	36
6.13.2	Saldature.....	36
6.13.3	Bullonature .....	37
6.13.4	Lavorazioni.....	38
6.13.5	Tolleranze di fabbricazione e montaggio .....	38
6.13.6	Trasporto .....	38
6.13.7	Montaggio in cantiere.....	38
6.13.8	Protezioni superficiali.....	39
6.13.9	Controlli obbligatori per gli acciai da costruzione .....	40
6.13.10	Controlli di produzione in stabilimento e procedure di qualificazione .....	40
6.13.11	CAM.....	41
6.13.12	Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati .....	41
6.13.13	Forniture e documenti di accompagnamento.....	41
6.13.14	Prove di qualificazione e verifiche periodiche della qualità.....	41
6.13.15	Centri di trasformazione .....	42
6.13.16	Controlli di accettazione in cantiere .....	42
6.14	Micropali .....	43
6.14.1	Caratteristiche tecniche .....	43
6.14.2	Tolleranze geometriche .....	43
6.14.3	Preparazione del piano di lavoro, tracciamento.....	44
6.14.4	Perforazione.....	44
6.14.5	Confezione e posa delle armature.....	44
6.14.6	Formazione del fusto del micropalo .....	44
6.14.7	Collegamento dei micropali alla fondazione .....	44
6.14.8	Controllo qualità dei micropali .....	44
6.15	Murature .....	45
6.15.1	Malta.....	45

6.15.2	Laterizi.....	45
7	REQUISITI E PRESTAZIONI ANTINCENDIO DELLE STRUTTURE .....	45
7.1	Prescrizioni di progetto .....	46
8	INTERVENTI SULLE STRUTTURE ESISTENTI .....	47
8.1	Rinforzo volta ondulata.....	47
8.1.1	Intervento in estradosso.....	47
8.1.2	Intervento in intradosso .....	47
8.2	Rinforzo ventagli.....	48
8.2.1	Prescrizioni.....	48
8.3	Rinforzo pilastri inclinati.....	49
8.3.1	Prescrizioni.....	49
8.4	Rinforzo antiribaltamento pareti di tamponamento, timpani e pilastri in muratura .....	50
8.4.1	Prescrizioni.....	50
8.5	Rinforzo volta in SAP .....	50
8.5.1	Inserimento tiranti .....	50
8.5.2	Tipo di intervento intradosso.....	51
8.5.3	Tipo di intervento estradosso.....	51
8.6	Rinforzo pilastri.....	51
8.6.1	Prescrizioni.....	52
8.7	Rinforzo/sostituzione elementi prefabbricato dei solai .....	52
8.7.1	Iniezione e sigillatura delle fessure .....	53
8.7.2	Sostituzione integrale delle cospalle.....	53
8.8	Rinforzo dei solai .....	53
8.9	Rinforzo travi abside .....	54
8.9.1	Prescrizioni.....	55
8.10	Ripristino elementi in cemento armato.....	55
8.10.1	Prescrizioni.....	55
8.11	Ripristino elementi in ferrocemento.....	56

## 1 PREMESSA

Il presente documento costituisce il disciplinare descrittivo prestazionale relativo agli interventi strutturali, facente parte del CSA parte II, nell'ambito dell'intervento di rifunzionalizzazione dei padiglioni 2, 2b e 4 del complesso fieristico di Torino Esposizioni, sito in corso Massimo D'Azeglio, a Torino.

Di seguito vengono brevemente descritti gli interventi strutturali e le specifiche tecniche per il rinforzo e la conservazione delle strutture esistenti e gli interventi di nuova realizzazione per le nuove funzioni e gli spazi tecnici.

### 1.1 Cenni sul complesso esistente

Il complesso fieristico di Torino Esposizioni nasce nella seconda metà degli anni 30 su progetto dell'arch. Ettore Sottsass vincitore di un appalto concorso per la costruzione della sede per le mostre della moda.

Furono realizzati quattro edifici, come da progetto, disposti intorno a un giardino rettangolare; uno di questi, il capannone a shed più vicino al Po, subisce ingenti danni e distruzione durante i bombardamenti della Seconda Guerra mondiale.

Ne viene decretata la completa demolizione e al suo posto viene costruito nel 1947-48 dall'Impresa Nervi & Bartoli su progetto dell'ing. Pier Luigi Nervi il Padiglione 2 destinato ad accogliere le manifestazioni fieristiche dell'industria dell'auto.

Il Padiglione 2, detto Salone Agnelli, presenta un'impronta rettangolare 95 x 118 m con asse principale su un orientamento Sud-Est / Nord-Ovest. Trasversalmente a questo asse è presente il sistema voltato costituito dagli archi composti da elementi ondulati in ferro-cemento di pochi centimetri di spessore, prefabbricati a terra, accostati al montaggio e completati da getti integrativi in corrispondenza del colmo (cresta) e della gola (ventre) delle onde. L'Aula – a navata unica – è scandita da pilastri con passo 7,50 m che creano una successione di 15 campate voltate.

Sulla testata di Sud-est [lato fiume Po], all'Aula si affianca un volume semicircolare (detto Abside o Esedra) sormontato da una semi-cupola (realizzata come calotta sferica) la cui imposta è "trattenuta" dal solaio anulare piano di copertura. Anche questi volumi architettonici sono costruiti in elementi prefabbricati in ferro-cemento con getto integrativo di completamento in opera.

Il Padiglione 2 come lo si vede attualmente, è stato realizzato in due fasi.

La prima edificazione, negli anni 1947-48 a partire dal fronte di Sud-est e con le prime 10 campate voltate, lasciava spazio a una corte interna; la seconda edificazione negli anni 1952-53 ha visto il completamento verso Nord-ovest con altre cinque campate voltate, fino a collegarsi al Padiglione 2b, corpo Uffici parallelo a corso Massimo D'Azeglio dell'originario progetto Sottsass.

Ultimo componente del Complesso è il Padiglione denominato 4; non è una vera e propria costruzione ma è così chiamato il piano *interrato* del Salone Agnelli - situato sul fronte orientale della fabbrica, realizzato in corrispondenza dell'impronta del precedente salone con copertura a shed del progetto Sottsass, distrutto dai bombardamenti.

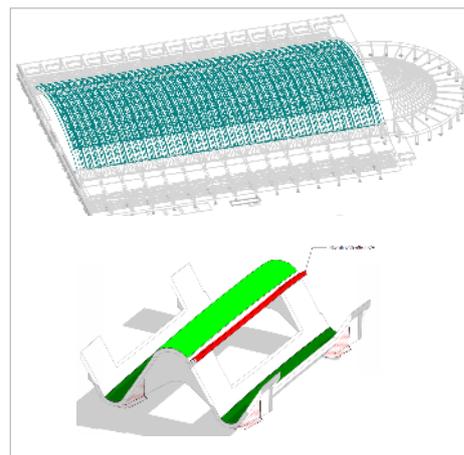
Il Padiglione – se pur detto interrato – è in realtà seminterrato poiché l'andamento degradante del terreno (che si abbassa da c.so Massimo andando verso il fiume) ne lascia emergere fuori terra il prospetto semicircolare che affaccia sulla corte lato Po.

### 1.2 Interventi sull'esistente

Gli interventi sulla struttura esistente prevedono principalmente: il ripristino delle sezioni originarie con rinforzi localizzati mediante applicazione di compositi fibrorinforzati con matrice inorganica a base di malta cementizia (FRCM) – applicazione tra l'altro molto simile al concetto di ferro-cemento –, con fibre di basalto o di acciaio ad alta resistenza; l'incremento delle capacità resistenti e delle duttilità, sempre mediante compositi FRCM; l'applicazione di prodotti impregnanti sugli elementi di ferro-cemento delle volte e della semi cupola ai fini della durabilità con l'obiettivo di andare a ridurre la porosità dei calcestruzzi e proteggere così dall'ossidazione l'acciaio delle reti, inglobate nella matrice cementizia.

### 1.2.1 Interventi su copertura ondulata in ferro-cemento

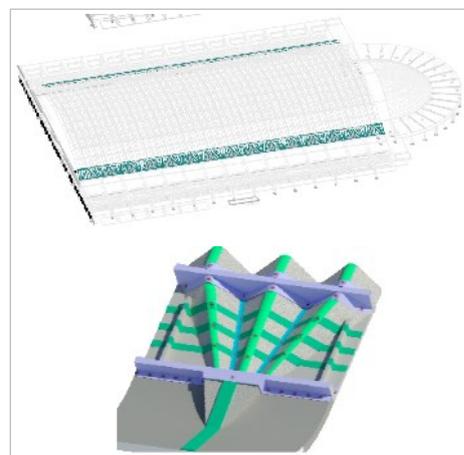
La volta di copertura ondulata rappresenta uno dei principali elementi strutturali del salone Agnelli. Ha una luce di circa 63 m calcolata tra i due punti di innesto con i pilastri inclinati (imposta dell'arco). È composta da elementi prefabbricati in ferro-cemento a doppia curvatura, completati in opera con getti di collegamento in cemento armato che si sviluppano lungo il colmo e la gola di queste onde. Gli elementi prefabbricati sono in ferro-cemento, realizzati secondo il brevetto di Nervi: composti da molteplici strati di rete metallica di piccolo diametro, hanno una lunghezza di circa 4,5 m e una larghezza di 2,5m e confluiscono, tramite un elemento a ventaglio, sui *pilastroni* inclinati. La solidarietà statica tra i getti in opera degli archi e gli elementi in ferro-cemento è data dalla presenza di armature di ripresa opportunamente preparate. Gli elementi prefabbricati contigui sono stati uniti con malta cementizia in corrispondenza del diaframma terminale. Quest'ultimo elemento garantisce la rigidezza fuori dal piano dei conci in ferro cemento, sia nelle fasi di sollevamento e movimentazione necessarie per la costruzione che in esercizio.



Si prevede la rimozione degli impianti attualmente installati al di sopra e delle guaine a cui segue il ripristino delle sezioni mediante applicazione di malta cementizia tixotropica. Le armature del colmo e nella gola, dati gli esigui spessori di getto e non essendo direttamente ispezionabili, possono essere potenzialmente soggette a fenomeni di ossidazione e a danneggiamenti causati dall'installazione degli impianti. Se ne prevede quindi la loro integrazione mediante posa di fasce di composito fibrorinforzato FRCM sulle sezioni di colmo e di gola. È infine previsto un trattamento con impregnanti per ridurre la porosità, ostacolando quindi la reazione di carbonatazione, per proteggere le armature dall'ossidazione.

### 1.2.2 Interventi su ventaglio

L'unione strutturale tra gli elementi della volta e i pilastri inclinati viene assicurata dall'elemento a *ventaglio*. Ogni ventaglio raccorda tre ordini di conci della volta ondulata ed è formato da tre elementi in ferro-cemento con funzione di cassero. L'elemento, una volta gettato, presenta una sezione variabile stringendosi in pianta, per passare dai tre elementi arco alla testa del *pilastrone*, e aumentando di spessore nella vista laterale, per raccordare il colmo e la gola delle onde con il *pilastrone*. Trasversalmente i ventagli sono contenuti alle estremità da due travi che identificano la zona di transizione.



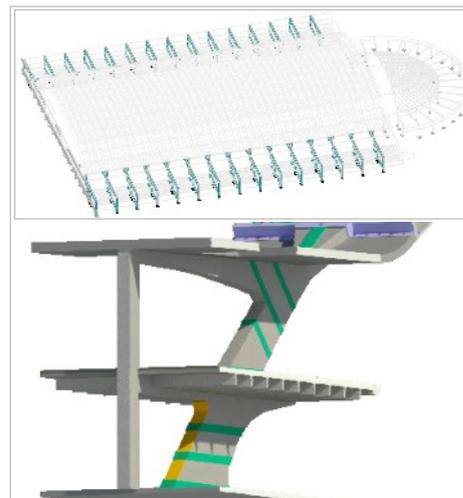
Il cambio di sezione e la trasmissione di importati carichi di compressione comporta la nascita di forze di trazione trasversali in corrispondenza della testa dell'elemento, compensate dalla terna successiva, fatta eccezione per le estremità dove, comunque, la struttura presenta una conformazione leggermente diversa. Per assicurare l'uniformità di comportamento vengono predisposte delle fibre trasversali ai ventagli per la ripresa delle azioni di trazione.

È infine previsto un trattamento con impregnanti per ridurre la porosità, ostacolando quindi la reazione di carbonatazione, per proteggere le armature dall'ossidazione.

### 1.2.3 Interventi su *pilastroni*

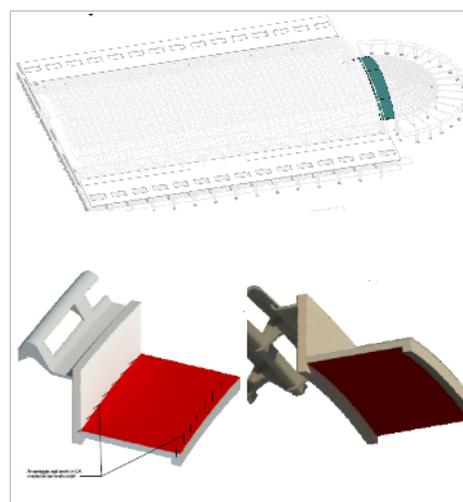
I *pilastroni* costituiscono il sostegno degli archi della volta ondulata, ricevendo ciascuno tre di essi tramite il *ventaglio*, e ne trasmettono il carico in fondazione. Su di essi si scaricano anche parte dei solai piani di copertura e l'orizzontamento del loggiato. Presentano una sezione variabile, crescente verso le fondazioni, ideata da Nervi per mantenere la risultante dei carichi nel terzo medio della fondazione. Presentano armature con scarso copriferro.

Si prevede il rinforzo con fasciature di confinamento in materiale composito FRCM, per ripristinare/integrare le resistenze a flessione e a taglio, in particolare con la fasciatura delle zone identificabili come “*nodi*” ovvero nei cambi di sezione, al fine di migliorarne il comportamento duttile. È infine previsto un trattamento con impregnanti per ridurne la porosità, ostacolando quindi la reazione di carbonatazione, per proteggere le armature dall'ossidazione.



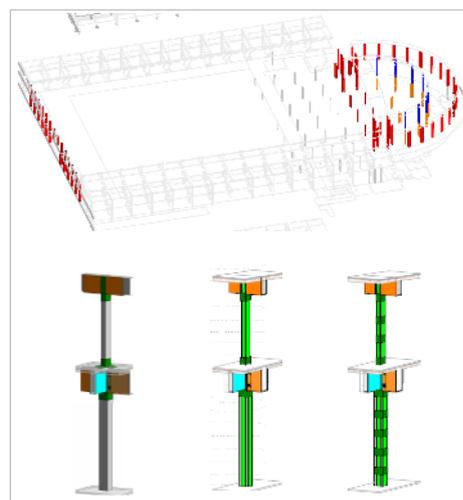
### 1.2.4 Interventi su arco SAP

La semicupola è collegata al timpano orientale, dal quale inizia la volta ondulata, da un solaio SAP (Senza Armatura Provvisoria) che si sviluppa tra i due archi descritti dalla sezione verticale della semicupola e dal gemello sul quale si intesta il timpano. Si tratta sostanzialmente di un solaio in latero-cemento costituito da travetti in laterizio armato, assemblati a piè d'opera mediante inserimento di barre lisce (per l'epoca) in tasche appositamente predisposte nel laterizio e sigillate mediante malta. I travetti in laterizio venivano poi accostati tra loro e collegati con la realizzazione di un getto di completamento. I travetti sono disposti perpendicolarmente alla generatrice dell'arco, e mostrano principi di sfondellamento. Risulta uno degli elementi più delicati, essendo posizionato in un punto di “*discontinuità*” nel comportamento tra la volta ondulata e la semicupola. Si prevede il rinforzo sia estradossale con un getto di malta fibrorinforzata per incrementare l'altezza utile della sezione, sia intradossale con la rimozione puntuale delle parti in laterizio inconsistenti, la loro sostituzione con blocchi in EPS e l'applicazione di composito fibrorinforzato con la duplice funzione di sistema “*anti-sfondellamento*” e integrazione della capacità resistente della sezione.



### 1.2.5 Interventi su pilastri

I pilastri dell'abside, dei timpani e del padiglione 2b sono elementi in calcestruzzo gettato in opera e sono stati dimensionati per portare i carichi verticali. Dagli schemi di armatura dei disegni originali di progetto di Nervi emergono, ovviamente, delle incongruenze rispetto alle attuali prescrizioni normative per garantire una opportuna resistenza e duttilità nei confronti delle azioni sismiche. Si prevedono pertanto interventi per migliorarne, nell'ordine, il comportamento dei nodi, della resistenza a flessione e a taglio, a seconda della carenza riscontrata, mediante l'applicazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica a base cementizia.

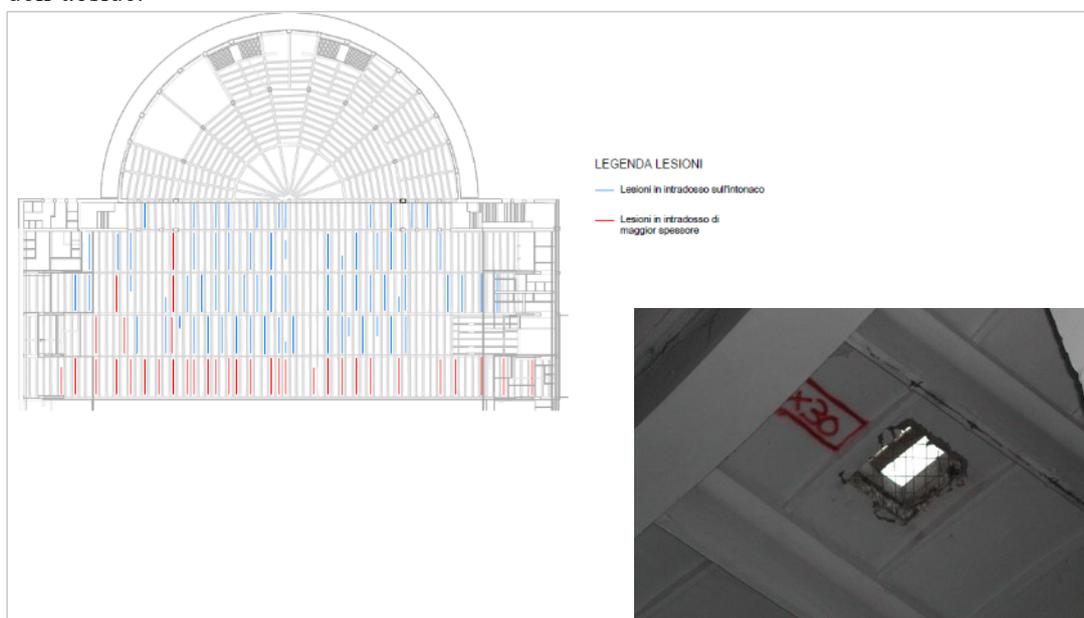


### 1.2.6 Interventi su travi abside

Similmente ai pilastri, le travi nella zona dell'abside e del padiglione 2b richiedono degli interventi di miglioramento per conformare le resistenze degli stessi ai principi moderni di calcolo per le azioni sismiche. Si prevedono pertanto interventi per migliorarne, nell'ordine, il comportamento dei nodi, della resistenza a flessione e a taglio, a seconda della carenza riscontrata, mediante l'applicazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica a base cementizia.

### 1.2.7 Interventi su solai

Al fine di garantire la portata ai carichi verticali degli orizzontamenti di piano primo e copertura del padiglione 2b, dei loggiati e delle coperture piane del padiglione 2 e del solaio di copertura del padiglione 4, in ragione delle nuove stratigrafie ed esigenze funzionali si prevede la rimozione delle finiture edili presenti (pavimenti, guaine, ecc) e dei massetti e il getto di rinforzo di malta fibrorinforzata per incrementare il braccio utile delle sezioni. Si procede anche alla sigillatura di fessurazioni presenti sulle coppelle prefabbricate di ferrocemento sul quale sono stati gettati i solai del padiglione 4 e della copertura dell'abside. In alcuni punti si deve invece provvedere alla ricostruzione di alcune porzioni di solaio, in particolare per richiudere le forometrie aperte per il passaggio impianti in occasione dei lavori per le Olimpiadi Torino 2006 sul solaio piano a copertura dell'abside.



### 1.2.8 Interventi su pareti di tamponamento

Le pareti di tamponamento sono realizzate a *cassa vuota*, come si legge dal Capitolato Speciale di Appalto del 1952, <<con mattoni pieni verso l'esterno e mattoni forati verso l'interno, [...] collegate con gambette a distanza non superiore a 80cm. Nessuna delle strutture in cemento armato racchiuse da murature sarà a contatto diretto con l'intonaco. Tra intonaco e calcestruzzo dovrà essere sempre interposto uno spessore di cotto di almeno 3cm>>. Dai sondaggi eseguiti in opera è risultata una discreta corrispondenza, considerando che in interventi successivi (rifunionalizzazione per le Olimpiadi) e/o piccole manutenzioni locali non è stata sempre molta cura ai ripristini di tali paramenti, in particolare riguardo a passaggi impiantistici.

Le due tipologie principali di muri di tamponamento sono le pareti perimetrali verso padiglione 1 e Teatro Nuovo e le tamponature dei telai dei timpani orientale e occidentale.

Le murature perimetrali, visto il discreto stato di conservazione, le dimensioni e i collegamenti trasversali, sono considerate come elemento stabilizzante dei *pilastroni* nei confronti delle azioni sismiche. Si prevede pertanto un intervento di rinforzo con l'applicazione su entrambe le facce di un composito fibrorinforzato FRCM con rete di basalto in matrice inorganica a base calce, con collegamenti trasversali con barre elicoidali in corrispondenza delle gambette di collegamento.

Pur non essendo un elemento portante principale, le tamponature dei timpani, considerandone il notevole sviluppo in altezza fino a 6,0m, vengono anch'esse rinforzate con un sistema antiribaltamento, mediante applicazione di composito fibrorinforzato FRCM come già descritto e collegamento al telaio di travi e pilastri all'interno delle quali sono realizzate, come suggerito da linee guida ReLUIS.

### 1.2.9 Interventi per connettivi verticali

Per migliorare la fruibilità ai piani, si prevede la collocazione di quattro ascensori nei quattro angoli del padiglione 2 e il ripristino delle rampe scale originarie, oggi parzialmente demolite per l'inserimento di scale mobili.

La ricollocazione di ascensori per il collegamento verticale sugli spigoli orientali del padiglione 2 è prevista nella posizione originaria, andando a demolire parzialmente i solai realizzati in epoche più recenti. I due ascensori occidentali sono collocati sulla balconata interna in corrispondenza della 15<sup>a</sup> campata della volta ondulata, contando dall'abside. La posizione esatta dei manufatti sarà determinata dopo il rilievo del cunicolo tecnico esistente, attualmente non rilevabile nella sua interezza. Le due travi della balconata, interessate dal passaggio delle canne ascensore, dovranno essere inglobate nei setti legando adeguatamente le armature prima di procedere con le demolizioni.

Le scale verranno ripristinate come da disegno originale di Nervi andando a ricostituire il collegamento del primo campo tra l'allineamento di pilastri della facciata e l'allineamento dei pilastri in corrispondenza del timpano orientale.

### 1.2.10 Interventi di ripristino di elementi i.c.a. e in ferro-cemento

Al fine di ripristinare la vita utile della struttura, così da rimandare il più avanti possibile nel tempo interventi pesanti di manutenzione straordinaria, limitandosi a quella ordinaria, sono previsti degli interventi generali di protezione e ripristino degli elementi in calcestruzzo armato e, per similitudine, degli elementi in ferro-cemento. Per tali interventi, oltre alle NTC, si fa riferimento alle UNI EN1504. Questi interventi fanno normalmente parte del ciclo di preparazione dei rinforzi e pertanto, dove questi sono applicati sono implicitamente assolti, ma data l'estensione delle strutture, l'attuale conoscenza parziale non potendo visionare per intero le parti in calcestruzzo e le tipologie puntuali di intervento, si ritiene utile procedere con tali interventi anche là dove non sono necessari interventi di rinforzo.

Per gli elementi in calcestruzzo armato, casistica più classica, si prevede: la rimozione di eventuali nidi di ghiaia che risultassero sui getti e il ripristino con malta strutturale tixotropica; la pulizia e la passivazione delle armature in zone dove le stesse risultassero esposte per insufficienza o distacco del copriferro e successivo ripristino con malte; l'impregnazione con prodotti impermeabilizzanti per ridurre la porosità e il possibile avanzare del processo di carbonatazione e relativa attivazione di ossidazione sulle armature.

Per gli elementi in ferro-cemento si prevede un'ispezione accurata degli elementi, con leggera battitura per verificare eventuali aree di distacco di intonaco o lesioni occultate, quindi nel caso pulitura della zona e rimozione della malta dalla zona ammalorata, pulizia delle reti metalliche, passivazione, eventuale integrazione di rete con caratteristiche simili e, infine, ripristino con malta tixotropica cementizia.

Tale intervento non è previsto sulle coppelle dei solai della balconata interna e del solaio di piano terra a copertura del Padiglione 4.

## 1.3 Interventi di nuova realizzazione

I nuovi interventi prevedono: la realizzazione di un nuovo volume interrato; la realizzazione di una nuova balconata esterna lato parco del Valentino, in sostituzione di quella esistente per ragioni legate essenzialmente alla necessità dimensionale delle nuove vie d'esodo; la sostituzione dei parapetti delle balconate interne ed esterna; la realizzazione di nuovi soppalchi al di sopra delle balconate interne.

### 1.3.1 Nuovi volumi interrati

I nuovi volumi interrati sono necessari a realizzare nuovi spazi funzionali per la biblioteca e per ricavare i locali tecnici al servizio del fabbricato. Vengono scavati con un ingombro in pianta di circa 67,0x70 m, nel centro del padiglione 2, in adiacenza al padiglione 4, avendo cura di mantenere una distanza di sicurezza dal

piede delle *pilastroni* esistenti pari almeno alla profondità del nuovo interrato. Per procedere allo scavo in sicurezza lungo il perimetro è prevista la realizzazione di una berlinese di contenimento provvisoria contro la quale viene realizzato il muro portante.

La porzione del cunicolo tecnico esistente del padiglione 4 che confina con il nuovo interrato viene anch'essa abbassata, circa di 1,50m, per creare così un *anello tecnico* attorno ai nuovi volumi in grado di servire tutto il fabbricato. Anche in questo caso per contenere le parti laterali che restano in quota si provvede alla realizzazione di un tratto di berlinese nel cunicolo ad entrambe le estremità della zona da scavare.

La quota di fondo scavo è vincolata dalla presenza di un collettore di acque bianche esistente (ovoidale Ø2,0m), da cui l'estradosso delle fondazioni si trova a quota -5.10m. Per proteggere il collettore è prevista la realizzazione di una fascia di jet-grouting attorno ad esso per consentire lo scavo senza detensionare l'ovoidale. La struttura in elevazione è costituita dai setti perimetrali per contenimento terra e interni per gli ascensori e per le colonne di salita degli impianti, e da una serie di pilastri con scansione a 7,5m in asse alle campate della volta e variabile in direzione trasversale in funzione delle esigenze funzionali degli spazi.

Il nuovo solaio di calpestio è realizzato con una piastra bidirezionale con casseri modulari di alleggerimento in polipropilene riciclato (tipo Altax o Nautilus o equivalenti), con zone piene in corrispondenza della testa dei pilastri e dei setti.

### 1.3.2 Balconata esterna

La nuova balconata esterna è prevista realizzata con mensole in acciaio a sezione variabile disposte in corrispondenza dei pilastri della corona esterna dell'abside, in continuità con le travi interne, fatta eccezione per la porzione in corrispondenza delle scale interne. Tra le travi a mensola viene disposta un'orditura secondaria sulla quale viene realizzato un solaio in lamiera grecata con getto integrativo alleggerito, reso solidale mediante piolatura con le travi su cui poggia. Alle estremità della balconata, verso il fronte del padiglione 2 vengono realizzate due scale in carpenteria metallica, lamiera grecata e getto integrativo, a due rampe con pianerottolo intermedio sostenuto da un pilastro, per contenere spessore, deformabilità e garantire un campo di frequenze di vibrazione, durante la percorrenza, nella zona di comfort.

### 1.3.3 Parapetti

I parapetti esistenti non risultano a norma e vengono comunque smantellati per le esigenze di rifunzionalizzazione degli spazi. I nuovi parapetti, pur richiamando quelli esistenti, presentano sezioni idonee per rispettare i limiti della normativa vigente.

### 1.3.4 Soppalchi interni

Nella rifunzionalizzazione delle balconate è prevista la realizzazione di un sistema gradonato per fornire spazi di seduta/lettura e scaffalatura lungo le pareti. Il soppalco per realizzare le gradonate è progettato con particolare attenzione ai carichi in modo da sfruttare le capacità della struttura esistente senza dover procedere al rinforzo delle stesse, anche nell'ottica di non alterare in maniera significativa i carichi complessivi in fondazione e per le azioni simiche. La struttura è costituita da una serie di reticolari con profili scatolari per montanti e correnti e coppie di profili a L per le controventature. I piani sono realizzati con lamiera greca e getto integrativo in calcestruzzo alleggerito. La scelta di utilizzare una struttura metallica è dettata da un lato per mantenere l'elemento più leggero possibile sfruttando al massimo le sezioni, dall'altro per agevolare la progettazione antincendio utilizzando materiale incombustibile.

### 1.3.5 Opere minori

All'interno dell'opera si possono identificare una serie di "*opere minori*", correlate a esigenze distributive o impiantistiche, realizzate in cemento armato e/o in carpenteria metallica e per le quali valgono quindi le indicazioni riportate di seguito relative alle specifiche dei materiali.

## 2 SVILUPPO DEL PROGETTO ESECUTIVO

La prestazione di progettazione esecutiva redatta in conformità al progetto di fattibilità tecnico economica posto a base di gara ed ai sensi dell'art. 23 comma 8 del Decr. Lgs n. 50 /2016 e del Regolamento n. 207/2010 e quanto previsto dal “*Capitolato Speciale di Appalto - Parte Amministrativa*” del presente progetto.

Si intendono pertanto compresi nella prestazione esecutiva:

- i rilievi di dettaglio su interferenze (sotto e sopra servizi);
- i rilievi, verifiche, esplorazioni, che possono occorrere, anche su motivata richiesta della Stazione Appaltante;
- l'elaborazione grafica di tutti gli adeguamenti, integrazioni e correttivi al progetto posto a base di gara per un miglioramento ed adeguamento alle tecnologie e procedure costruttive proprie e/o al reale stato dei luoghi che, a parità di importo lavori, comportino modifiche non sostanziali e migliorative di parti del progetto;
- la redazione degli elaborati di dettaglio relativi alle varie fasi di cantiere provvisori e definitivi dei sotto/sopra servizi interferenti con i lavori oggetto del presente appalto.

L'Appaltatore dovrà provvedere a:

- a) verificare gli elementi contenuti nel progetto posto a base di gara; in particolare verificare e redigere se ritenuti necessari tutti i necessari rilievi integrativi in scala opportuna;
- b) effettuare studi e/o indagini di maggior dettaglio e verificare quelle utilizzate per il progetto posto a base di gara senza che ciò comporti compenso aggiuntivo alcuno per l'Appaltatore;
- c) condurre rilievi di dettaglio su interferenze (sotto e sopra servizi );
- d) certificare l'approvvigionamento di materiali, attrezzature, forniture e impianti per la corretta definizione del processo costruttivo.

La progettazione esecutiva dovrà anche necessariamente tener conto:

- delle eventuali proposte migliorative presentate dall'Appaltatore in fase di gara, laddove recepite ed approvate dalla Stazione Appaltante;
- dei pareri espressi dai soggetti convocati in Conferenza dei Servizi, di quanto contenuto nell'Atto di Validazione del progetto di fattibilità tecnico economica , nonché delle richieste espresse dagli altri Enti a vario titolo interessati, che fanno tutti parte dei documenti posti a base di gara;
- di tutte le prescrizioni cui è stato assoggettato il progetto di fattibilità tecnico economica posto a base di gara.

Il progetto esecutivo dovrà essere predisposto da **tecnici abilitati, regolarmente iscritti all'Albo degli Ingegneri**, in conformità alle regole e norme tecniche stabilite dalle disposizioni vigenti in materia applicabili. I materiali ed i prodotti dovranno risultare conformi alle regole tecniche previste dalle vigenti disposizioni di legge, le norme armonizzate e le omologazioni tecniche. Le relazioni dovranno indicare le normative applicate. Il progetto esecutivo, eseguito a cura dell'Appaltatore che ne assume la piena responsabilità, costituisce la ingegnerizzazione di tutte le lavorazioni e, pertanto, definisce compiutamente ogni particolare strutturale dell'intervento da realizzare, inclusi i piani operativi di cantiere, i piani di approvvigionamenti, nonché i calcoli e i grafici relativi alle opere provvisionali. L'Appaltatore ha altresì il compito di garantire con lo sviluppo del progetto esecutivo la risoluzione di eventuali interferenze con le discipline architettonica e impiantistica, così da garantire la cantierabilità dell'opera.

Il progetto che dovrà comprendere in modo esaustivo tutte le opere e forniture previste per dare l'opera compiuta dovrà essere redatto nel pieno rispetto dei requisiti indicati dal progetto di fattibilità tecnico economica di gara nonché delle prescrizioni di cui alla conferenza di servizi e di tutte le altre prescrizioni cui è stato assoggettato il progetto medesimo, comprese quelle conseguenti alla validazione. Il progetto dovrà comprendere affinare la modellazione generale e comprendere dei modelli di dettaglio per lo studio di

comportamenti locali, con particolare attenzione agli elementi più sensibili quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, il pilastro, il ventaglio, l'arco di copertura, l'arcone SAP, la semicupola e i timpani.

Il progetto esecutivo ha come fine fondamentale la realizzazione di un intervento di qualità e tecnicamente valido, nel rispetto del miglior rapporto fra i benefici e i costi globali di costruzione, manutenzione e gestione. Il progetto esecutivo dovrà essere articolato, nel rispetto dei vincoli esistenti e del limite di spesa prestabilito, in modo da assicurare:

- -la qualità dell'opera e la rispondenza alle finalità relative;
- -la conformità alle norme;
- -il soddisfacimento dei requisiti essenziali, definiti dal quadro normativo nazionale e comunitario.

Il progetto esecutivo sarà costituito dagli elaborati previsti dagli artt. da 33 a 43 del DPR 207/2010 e comunque, per la disciplina strutture, almeno dai sotto elencati elaborati essenziali:

1. relazioni specialistiche;
2. elaborati grafici nelle scale opportune (inquadramenti 1:200-100; carpenterie e armature 1:50; dettagli 1:20-10);
3. calcoli esecutivi delle strutture;
4. piani di manutenzione delle parti strutturali;
5. programma esecutivo dei lavori;
6. computo metrico estimativo del PTFE con gli esiti delle migliorie accettati dalla Stazione Appaltante;
7. integrazione al capitolato speciale d'appalto per migliorie sottoposte e accettate dalla Stazione Appaltante.

Il progetto esecutivo (in termini di elaborati grafici, relazioni e computi) dovrà essere redatto in modo tale da tenere distintamente separate le opere strutturali da quelle edili/impianti, con opportune tavole di raccordo/gestione delle interferenze con tali discipline.

Il progetto esecutivo dovrà determinare in ogni dettaglio i lavori da realizzare e dovrà essere sviluppato ad un livello di definizione tale da consentire che ogni elemento sia identificabile in forma, tipologia, qualità, dimensione.

La qualità ed il dettaglio di approfondimento degli elaborati di progetto esecutivo dovrà raggiungere il livello previsto dal Codice e dal Regolamento e comunque tale da non lasciare dubbi interpretativi o indeterminazioni da risolvere in fase di realizzazione delle opere.

Il livello della progettazione richiesta è quello corrispondente ad una progettazione esecutiva, in osservanza delle citate disposizioni di legge e redatto in conformità delle normative, direttive e linee vigenti in materia di opere pubbliche e dei settori specifici (UNI, ISO, UIC, EN, IEC, CEI ecc.), così come riportato nel seguito.

Pertanto, nel redigere il progetto esecutivo l'Appaltatore dovrà fare puntuale riferimento a quanto riportato in tutte le Norme Tecniche vigenti e applicabili secondo le modalità contenute nelle specifiche tecniche e le specifiche tecniche di interfacciamento.

L'Appaltatore dovrà sviluppare il progetto esecutivo rispettando:

- i carichi e sovraccarichi assunti a base del progetto di fattibilità;
- la resistenza al fuoco come richiesta negli elaborati di prevenzione incendi;
- il comportamento di insieme del complesso edilizio e delle singole membrature che non deve essere peggiorativo in termini di cedimenti, di deformazioni, di stato tensionale e di livello funzionale rispetto a quello definito e/o desumibile dal progetto di fattibilità;
- la durabilità prevista e attesa in funzione delle classi di esposizione e degli usi previsti (vita nominale di 50 anni e condizioni ambientali termo-igrometriche secondo standard indicati negli elaborati di calcolo degli impianti, classe esposizione ambienti interni XC3).

### 3 PROCEDURE AMMINISTRATIVE

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore, per tramite dei professionisti incaricati, dovrà procedere ad assistere la Committenza nel deposito del progetto delle strutture, ai sensi della Delibera della Giunta Regionale del 26 novembre 2021, n. 10-4161<sup>1</sup>, presso i competenti uffici tecnici della Regione (UTR) prima dell'**inizio dei lavori strutturali**, tramite portale dedicato (ARCOEOS), classificando l'intervento tra le opere identificate all'art. 5.1 lettera c) della D.G.R.: *opere e interventi di consistenza strutturale, indipendentemente dal sistema costruttivo adottato e dal materiale impiegato, la cui sicurezza possa interessare la pubblica incolumità che interessino edifici o opere infrastrutturali strategiche e rilevanti riportate nell'Allegato A1 (paragrafo 2 - edifici ed opere infrastrutturali rilevanti, par 2.1 lettere h - Edifici o costruzioni che assumono particolare rilievo ai fini della salvaguardia del patrimonio storico, artistico e culturale e i).*

### 4 COLLAUDO

Controlli, prove e collaudo di tutte le opere strutturali sono quelli previsti dalla normativa vigente per quanto attiene a calcestruzzi e acciai. Per quanto attiene al ferroceemento, il Collaudatore potrà fare riferimento, oltre alle NTC, a norme internazionali di comprovata validità (ACI 549.1R-18), ai risultati degli studi condotti dal DISEG e dalla Getty Foundation, ai brevetti e ai calcoli originari di progetto, i testi di esperti in materia quale ad esempio *“Ferrocement & Laminated Cementitious Composites”* di Antoine E. Naaman [ISBN 9780967493909 (978-0-9674939-0-9)]. L'applicazione di detti riferimenti al sistema brevettato del Nervi non è una correlazione diretta, il collaudo dovrà quindi essere svolto a giudizio del professionista incaricato effettuando tutti quegli accertamenti, studi, indagini, sperimentazioni e ricerche utili per formarsi il convincimento della sicurezza, della durabilità e della collaudabilità dell'opera.

Inoltre, per materiali non direttamente esplicitati nel capitolo 11 delle Norme Tecniche, si prevede l'applicazione delle linee guida del CSLLPP o delle ETA di certificazione di prodotto, di cui a titolo esemplificativo e non esaustivo si riportano i seguenti riferimenti:

- Linea guida per l'identificazione, la qualificazione, la certificazione di valutazione tecnica ed il controllo di accettazione dei calcestruzzi fibrorinforzati FRC (Fiber Reinforced Concrete);
- Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti
- Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione dei sistemi a rete preformata in materiali compositi fibrorinforzati a matrice polimerica da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti con la tecnica dell'intonaco armato CRM (Composite Reinforced Mortar)
- per gli ancoranti si applica quanto specificato al punto C) del §11.1, sulla base della linea guida di benessere tecnico EAD 330232-00-0601 e annesso C EN 1992-4.

Sarà facoltà della DL predisporre sulle membrature prove di carico a campione, durante l'esecuzione dei lavori (in particolare per le strutture metalliche e/o prefabbricate prove di carico dei singoli elementi prima del montaggio) e in tal caso l'Appaltatore presterà l'assistenza necessaria allo svolgimento della prova stessa provvedendo le necessarie risorse umane, mezzi e strumenti adeguati. Le modalità di prova saranno dettate dalla DL in tempo utile all'Impresa per organizzarne l'esecuzione. Tali prove sono annotate con verbale e sono allegate alla documentazione tecnica da consegnare al Collaudatore a cura della DL strutturale, controfirmate dall'Impresa.

- <sup>1</sup> D.P.R. 380/2001. Approvazione delle nuove procedure di semplificazione attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico. Revoca delle D.G.R. 49-42336/1985, 2-19274/1988, 61-11017/2003, 4-3084/2011, 7-3340/2012, 65-7656/2014, 4-1470/2020, 14-2063/2020 e sostituzione dell'Allegato alla D.G.R. 5-2756 del 15 gennaio 2021.

Il collaudo statico è affidato dalla Stazione Appaltante - a propria cura e spese - ad un Professionista di propria fiducia (Collaudatore delle strutture).

I collaudi delle strutture possono essere eseguiti sia in corso d'opera che all'ultimazione dei lavori relativi, così come riterranno opportuno la Stazione Appaltante e il Collaudatore.

Sono a carico dell'Impresa gli oneri comunque connessi alle operazioni di collaudo statico delle opere strutturali ai sensi dell'art. 7 della Legge 5.11.1971 n. 1086 e s.m.i., ivi inclusi quelli per prove di carico e verifiche di qualsiasi natura ordinate dalla DL [per es.: pesi, attrezzature di carico, apparecchiature di rilevamento (come flessimetri, sclerometri, ...)] sia in corso d'opera che in sede di collaudo finale.

## 5 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- LEGGE 5 NOVEMBRE 1971, N. 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- D.M. 17 GENNAIO 2018: Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni [nel seguito NTC 2018];
- CIRCOLARE N.7 del 21 GENNAIO 2019: Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al D.M. 17 gennaio 2018 [nel seguito Circolare o CNTC 2019];
- D.G.R. N°10-4161 del 26/11/2021: D.P.R. 380/2001. Approvazione delle nuove procedure di semplificazione attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico. Revoca delle D.G.R. 49-42336/1985, 2-19274/1988, 61-11017/2003, 4-3084/2011, 7-3340/2012, 65-7656/2014, 4-1470/2020, 14-2063/2020 e sostituzione dell'Allegato alla D.G.R. 5-2756 del 15 gennaio 2021.
- D.G.R. N°6-877 del 30/12/2019: OPCM 3519/2006. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n.65-7656;
- D.LGS. N.42 del 22 GENNAIO 2004: Codice dei beni culturali e del paesaggio;
- DIRETTIVA 09/02/2011: Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008;

Si intendono ivi comprese le norme, i codici e le linee guida indicati nelle suddette norme, quali ad esempio gli Eurocodici (serie UNI EN da 1990 a 1998), le istruzioni CNR e le linee guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Per quanto attiene al ferroceemento, il Tecnico, progettisti e/o collaudatori, potrà fare riferimento, oltre alle NTC, a norme internazionali di comprovata validità (ACI 549.1R-18), ai risultati degli studi condotti dal DISEG e dalla Getty Foundation, ai brevetti e ai calcoli originari di progetto, i testi di esperti in materia quale ad esempio “*Ferrocement & Laminated Cementitious Composites*” di Antoine E. Naaman [ISBN 9780967493909 (978-0-9674939-0-9)]. L'applicazione di detti riferimenti al sistema brevettato del Nervi non è una correlazione diretta, le applicazioni dovranno quindi essere svolte a giudizio del professionista incaricato effettuando tutti quegli accertamenti, studi, indagini, sperimentazioni e ricerche utili per formarsi il convincimento della sicurezza, della durabilità e della collaudabilità dell'opera.

## 6 LAVORAZIONI, MATERIALI E FORNITURE

### 6.1 Generalità

I materiali e i prodotti per uso strutturale devono rispondere ai requisiti indicati nel comma 11 del DM 17.01.2018 [nel seguito NTC] ed in particolare devono essere:

- Identificati univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili;
- Qualificati sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili;
- Accettati dal Direttore dei Lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

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

I materiali e prodotti recanti la Marcatura CE dovranno essere corredati, in fase di accettazione, con il Certificato ovvero la Dichiarazione di Conformità alla parte armonizzata della specifica norma europea ovvero allo specifico Benestare Tecnico Europeo, per quanto applicabile.

I prodotti non recanti la Marcatura CE dovranno essere accompagnati dalla documentazione necessaria a dimostrare il regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B) o del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C) rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Le prove su materiali e prodotti devono generalmente essere effettuate da:

- a) Laboratori di prova notificati ai sensi dell'art.18 della Direttiva n.89/106/CEE;
- b) Laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001;
- c) Altri laboratori, dotati di adeguata competenza ed idonee attrezzature, appositamente abilitati dal Servizio Tecnico Centrale.

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

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

Il richiamo alle specifiche tecniche europee EN armonizzate, di cui al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR 305/2011) ed al D.Lsg n.106/2017 deve intendersi riferito all'ultima versione aggiornata. Inoltre, il richiamo alle specifiche tecniche volontarie EN, UNI e ISO deve intendersi riferito alla data di pubblicazione se indicata, ovvero, laddove non indicata, all'ultima versione aggiornata.

Dovendo operare su un bene soggetto a tutela taluni prodotti, che non trovano collocazione all'interno delle casistiche sopra esposte, potranno essere impiegati in assenza di dichiarazione di prestazione, ai sensi dell'art. 5 del CPR 305/2011, qualora:

- 1) Il prodotto da costruzione sia fabbricato in un unico esemplare o su specifica del committente in un processo non in serie a seguito di una specifica ordinazione e installato in una singola ed identificata opera di costruzione da parte di un fabbricante che è responsabile della sicurezza dell'incorporazione del prodotto da costruzione nelle opere di costruzione, conformemente alle normative nazionali applicabili e sotto la responsabilità dei soggetti incaricati della sicurezza dell'esecuzione delle opere di costruzione designati ai sensi delle normative nazionali applicabili;
- 2) Il prodotto da costruzione sia fabbricato in cantiere per essere incorporato nelle rispettive opere di costruzione conformemente alle norme nazionali applicabili e sotto la responsabilità dei soggetti incaricati della sicurezza dell'esecuzione delle opere di costruzione designati ai sensi delle normative nazionali applicabili; oppure

- 3) Il prodotto da costruzione sia fabbricato con metodi tradizionali o con metodi atti alla conservazione del patrimonio e mediante un procedimento non industriale per l'appropriato restauro di opere di costruzione formalmente protette come parte di un patrimonio tutelato o in ragione del loro particolare valore architettonico o storico, nel rispetto delle normative nazionali applicabili.

## 6.2 Designazioni corrispondenti per acciaio e cls

DESIGNAZIONI CORRISPONDENTI PER ACCIAI DA COSTRUZIONE	
Designazione in conformità alla UNI EN 10025 -2:2004	ITALIA In conformità a UNI 7070
S235JR	Fe 360 B
S235JO	Fe 360 C
S235J2G3	Fe 360 D
S275JR	Fe 430 B
S275JO	Fe 430 C
S275J2G3	Fe 430 D
S355JR	Fe 510 B
S355JO	Fe 510 C
S355J2G3	Fe 510 D
E295	Fe 490
E335	Fe 590
E360	Fe 690

DESIGNAZIONI CORRISPONDENTI PER ACCIAI PRE-ZINCATI DA COSTRUZIONE	
Designazione in conformità alla UNI EN 10326:2004	ITALIA In conformità a UNI 5763
S220GD	Fe E 220 G
S250GD	Fe E 250 G
S280GD	Fe E 280 G
S320GD	Fe E 320 G
S350GD	Fe E 350 G
S550GD	Fe E 550 G

DESIGNAZIONI CORRISPONDENTI PER CLS		
Classi di resistenza (*)	Resistenza caratteristica cilindrica $f_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Resistenza caratteristica cubica $R_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )
cls non strutturale		
C8/10	8	10
C12/15	12	15
Ordinario		
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55

\* riferite a provini cilindrici con Ø 150 mm ed altezza 300 mm ed a provini cubici di 150 mm di spigolo.

DESIGNAZIONI CORRISPONDENTI PER ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO		
Designazione	Resistenza caratteristica a snervamento $f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Resistenza caratteristica a rottura $f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> )
B450A	450	540
B450C	450	540

### 6.3 Scavi e riinterri

A qualsiasi fine contrattuale, si definiscono come terre solo le rocce frammentate e incoerenti o che possono diventare tali a contatto con l'acqua i cui singoli frammenti passino attraverso i crivelli 71 UNI 2334. Questi frammenti si classificano a loro volta a seconda che passino o siano trattenuti dai crivelli UNI 2334 sottoelencati:

Ciottolo o pietra	superiore a 71 mm
Ghiaia o pietrisco	da 71 a 25 mm
Ghiaietto o pietrischetto	da 25 a 10 mm
Ghiaino o pietrischino	da 10 a 2 mm
Sabbia	da 2 a 0,05 mm
Limo	da 0,05 a 0,005 mm
Argilla	da 0,005mm a dim. inferiori

Le terre a loro volta si classificano come A1a, A1b, A3, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A4, A5, A6, A7-6 e A8, così come descritte dalla norma CNR-UNI 10006.

Per terra vegetale, esclusa la terra A8, si intende qualsiasi terra contenente anche materia organica.

Per trovanti s'intendono invece massi di grandi dimensioni incastonati nelle terre; il loro asporto sarà compensato con i prezzi dello scavo in roccia da mina solo quando il loro volume sarà superiore a quello indicato nei singoli prezzi unitari.

Gli scavi possono essere eseguiti:

- A mano;
- Con mezzi meccanici (e rifinitura a mano ove necessario);
- In terreno di qualsiasi natura;
- Con trasporto entro l'area di cantiere, compreso lo scarico e l'accumulo in aree prestabilite;
- Con conferimento a impianto di smaltimento autorizzato a qualsiasi distanza, ai sensi del DLgs n. 152/2006, compreso il carico a mano e/o con mezzi meccanici sul mezzo di trasporto.

Gli importi per tutte le opere previste e compensate in appalto in questo titolo sono comprensivi degli oneri per l'innalzamento al piano di carico dei materiali di risulta, del trasporto entro l'area di cantiere, del trasporto a centro di conferimento autorizzato entro 30 km e relativi oneri di smaltimento.

I riinterri e la loro compattazione sono attività comprese negli scavi.

Il rinterro di scavi contro manufatti già eseguiti può essere effettuato con materiale misto granulare:

- Proveniente dagli scavi;
- Di provvista esterna.

### 6.4 Lavori in calcestruzzo semplice ed armato

Il calcestruzzo deve essere caratterizzato almeno mediante la classe di resistenza, la classe di consistenza, il diametro massimo dell'aggregato e la classe di esposizione. La classe di resistenza è contraddistinta dai valori caratteristici della resistenza  $R_{ck}$ , misurata su provini cubici di spigolo 150 mm.

Al fine di ottenere le prestazioni richieste, l'Appaltatore è tenuto a dare indicazioni in merito alla composizione, ai processi di maturazione e alle procedure di posa in opera, facendo utile riferimento alla norma UNI ENV 13670-1:2001 e alle "Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo" pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, nonché dare indicazioni in merito alla composizione della miscela,

compresi gli eventuali additivi, tenuto conto anche delle previste classi di esposizione ambientale (di cui, ad esempio, alla norma UNI EN 206-1: 2006 e alla UNI 11104:2016) e del requisito di durabilità delle opere.

La resistenza caratteristica a compressione è definita come la resistenza per la quale si ha il 5% di probabilità di trovare valori inferiori. Nelle presenti specifiche la resistenza caratteristica designa quella dedotta da prove su provini cubici, confezionati e stagionati come specificato nel seguito, eseguite a 28 giorni di maturazione. Si deve tener conto degli effetti prodotti da eventuali processi accelerati di maturazione. In tal caso possono essere indicati altri tempi di maturazione a cui riferire le misure di resistenza e il corrispondente valore caratteristico.

Il conglomerato per il getto delle strutture di un'opera o di parte di essa si considera omogeneo se confezionato con la stessa miscela e prodotto con medesime procedure.

#### 6.4.1 Calcestruzzi

##### Magrone C 12/15

Resistenza caratteristica cubica a compressione:	$R_{ck}$	=	150	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:	$f_{ck}$	=	120	daN/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico:	E	=	270'850	daN/cm <sup>2</sup>
Calcestruzzo dei nuovi getti [peso 2500kg/m <sup>3</sup> ]				

##### Calcestruzzo C 25/30

Resistenza caratteristica cubica a compressione:	$R_{ck}$	=	300	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:	$f_{ck}$	=	250	daN/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico:	E	=	314'760	daN/cm <sup>2</sup>
Calcestruzzo dei nuovi getti [peso 2500kg/m <sup>3</sup> ]				

##### Calcestruzzo C 30/37

Resistenza caratteristica cubica a compressione:	$R_{ck}$	=	370	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:	$f_{ck}$	=	300	daN/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico:	E	=	330'194	daN/cm <sup>2</sup>

##### Calcestruzzo alleggerito strutturale: LC 16/18

Resistenza caratteristica cubica a compressione:	$R_{lck}$	=	180	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:	$f_{lck}$	=	160	daN/cm <sup>2</sup>
Casse di massa per unità di volume: D1,2 (tabella C4.1.VI Istruzioni NTC) massa 1200kg/m <sup>3</sup>				
Modulo elastico secante a compressione a 28 giorni:	$E_{lcm}$	=	145'990	daN/cm <sup>2</sup> ;

##### Calcestruzzo alleggerito strutturale: LC 25/28

Resistenza caratteristica cubica a compressione:	$R_{lck}$	=	280	daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:	$f_{lck}$	=	250	daN/cm <sup>2</sup>
Classe di massa per unità di volume: D1,8 (tabella C4.1.VI Istruzioni NTC) massa 1800kg/m <sup>3</sup>				
Modulo elastico secante a compressione a 28 giorni:	$E_{lcm}$	=	210'700	daN/cm <sup>2</sup>

Nelle forniture in opera sono comprese tutte le attività di assistenza e posa in opera (quali: utilizzo di mezzi di sollevamento e getto, vibratura, ...) da eseguire a macchina e/o a mano e di salvaguardia della sicurezza.

Tenuto conto della natura e della consistenza delle opere, la produzione e l'approvvigionamento dei conglomerati cementizi può avvenire nei seguenti due modi:

- Da impianto di betonaggio centralizzato da installare a cura e spese dell'Impresa all'interno del cantiere nel luogo approvato dalla Direzione Lavori;
- Da impianti di Ditte Specializzate nella produzione di calcestruzzi munite di certificato FPC.

In corso d'opera sono costantemente rispettate le caratteristiche, la qualità, le dosature dei materiali nonché i mezzi e le modalità di produzione adottati per la confezione degli impasti campione che abbiano dato esito positivo alle prove di laboratorio.

#### 6.4.2 Materiali costituenti

I materiali per la confezione dei calcestruzzi devono essere conformi in generale alle prescrizioni del DM 17.01.2018 ed in particolare:

**ACQUA:** l'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, deve essere conforme alla norma UNI EN 1008: 2003.

**CEMENTO:** secondo UNI EN 196 e UNI EN 197. Deve provenire dallo stesso stabilimento (in caso di impossibilità segnalare il fatto alla DL strutturale); è reso in involucri sigillati o in veicoli appositi per il trasporto del cemento sfuso. È immagazzinato all'asciutto in costruzioni a prova di intemperie o in idonei silos. Le scorte devono essere impiegate in ordine di consegna. Per i getti di calcestruzzo a vista deve essere garantita l'uniformità di colore: il cemento deve quindi essere particolarmente controllato.

**INERTI:** possono essere di origine naturale o essere ottenuti per frantumazione di rocce compatte e devono essere costituiti da materiali silicei selezionati e lavati in modo da escludere la presenza di sostanze organiche, limose, argillose, gessose o altre che possano comunque risultare nocive alla resistenza del calcestruzzo e delle relative armature. Non devono in ogni caso essere porosi, scistosi o silicomagnesiaci. In particolare, è escluso l'impiego di inerti con silice cristallina libera, utilizzati con cementi contenenti solfati in proporzione superiore allo 0.7% . Le miscele degli inerti fini e grossi, mescolati in percentuale adeguata, devono dar luogo ad una composizione granulometrica costante, che permetta di ottenere i requisiti voluti sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, pompabilità, aria inglobata ecc.), che nell'impasto indurito (resistenza, permeabilità, modulo elastico, ritiro, fluage ecc.). La curva granulometrica deve essere tale da ottenere la massima compattezza del calcestruzzo con il minimo dosaggio di cemento, compatibilmente con gli altri requisiti richiesti. Particolare attenzione è rivolta alla granulometria della sabbia, al fine di ridurre al minimo il fenomeno del bleeding nel calcestruzzo. Gli inerti devono essere suddivisi per classi; la classe più fine non deve contenere più del 5% di materiale trattenuto al vaglio a maglia quadra da 5 mm di lato. Le singole classi non devono contenere sottoclassi (frazioni granulometriche che dovrebbero appartenere alle classi inferiori) in misura superiore al 15%, e sopraclassi (frazioni che dovrebbero appartenere alle classi superiori) in misura superiore al 10% della classe stessa.

Classificazione degli inerti:

Diametro	Naturali	Artificiali
0,08-5	Sabbia alluvionale	Sabbia di frantoio
5-10	Ghiaino	Graniglia
10-25	Ghiaietto	Pietrischetto
25-76	Ghiaia	Pietrisco
> 76	Ghiaione	Pietrame

La dimensione massima degli inerti (precisata per ogni calcestruzzo) deve essere tale da permettere che il conglomerato possa riempire ogni parte del manufatto, tenendo conto della lavorabilità del conglomerato stesso, dell'armatura metallica e relativo copriferro, delle caratteristiche geometriche della carpenteria, delle modalità di getto e dei mezzi d'opera.

Le curve granulometriche che si intendono adottare devono essere sottoposte per approvazione alla DL strutturale.

Per i getti di calcestruzzo a vista, in particolare, gli inerti devono essere privi di qualsiasi impurità, specie di pirite; devono inoltre avere colore uniforme per tutta la durata del getto e pertanto devono essere approvvigionati sempre dalla stessa fonte.

### 6.4.3 Confezione e trasporto

Nel caso l'Impresa disponga di apposito e adeguato impianto di betonaggio la confezione dei calcestruzzi deve essere sempre eseguita con mezzi meccanici, e la dosatura dei vari componenti effettuata a peso. La costanza dei componenti deve essere continuamente verificata durante tutto il corso dei lavori.

L'esercizio dell'impianto deve essere costantemente sotto controllo di personale esperto e responsabile. I componenti dell'impasto (cemento, inerti, acqua e additivi) devono essere misurati a peso. È ammessa anche la misurazione a volume dell'acqua e degli additivi. I dispositivi di misura del cemento, dell'acqua e degli additivi devono essere di tipo individuale; le bilance per la pesatura degli inerti possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie classi con successione addizionale).

I DISPOSITIVI DI MISURA devono essere collaudati periodicamente, se necessario servendosi di Pubblico Ufficio o Istituto abilitato a rilasciare i relativi certificati. I silos del cemento debbono essere in grado di garantire la migliore tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica.

Si indicano: dosaggio degli inerti e del cemento a peso, a mezzo bilance indipendenti tra loro con tolleranza del 1% sul peso del cemento e del 5% sul peso degli inerti; dosaggio dell'acqua a peso oppure a volume, con tolleranza del rapporto acqua/cemento del 3%, tenendo conto anche dell'umidità degli inerti.

La QUANTITÀ DI ACQUA deve essere opportunamente dosata a seconda dei diversi tipi di calcestruzzo e struttura e delle regolamentari prescrizioni. In ogni caso il rapporto A/C non deve superare il valore 0,50-0,60. In casi di particolari necessità, si deve ricorrere all'impiego di appositi additivi, anziché provvedere all'aggiunta di quantità eccedenti di acqua per favorire l'esecuzione dei getti.

L'impiego degli additivi deve essere segnalato alla DL strutturale ed è comunque a carico dell'Appaltatore. Nel computo del rapporto A/C si deve tener conto della umidità degli inerti.

La CONSISTENZA DELL'IMPASTO è verificata con prove di abbassamento al cono di Abrams.

La media aritmetica delle misure effettuate deve dare i seguenti valori:

Classe di consistenza	S1:	abbassamento al cono	10	÷	50 mm
Classe di consistenza	S2:	abbassamento al cono	50	÷	100 mm
Classe di consistenza	S3:	abbassamento al cono	100	÷	150 mm
Classe di consistenza	S4:	abbassamento al cono	150	÷	200 mm
Classe di consistenza	S5:	abbassamento al cono	maggiore		200 mm

Il TRASPORTO DEGLI IMPASTI deve essere eseguito con mezzi idonei e nei tempi regolamentari onde evitare fenomeni di separazione o cattiva distribuzione dei componenti o disturbi nella presa, sia durante il trasporto che durante l'operazione di getto.

Il TEMPO DI MESCOLAMENTO deve essere tale da produrre un conglomerato rispondente ai requisiti della prova di omogeneità di cui ai successivi paragrafi. Il tempo intercorso tra l'inizio delle operazioni di impasto ed il termine dello scarico in opera non deve causare un aumento di consistenza superiore di cm 5 alla prova al cono. Prima della posa in opera si deve controllare la consistenza dell'impasto. Se questa eccederà i limiti preventivamente concordati per ciascun getto (prova del cono), l'impasto è scartato.

Come detto è consentito l'acquisto e l'impiego di CALCESTRUZZI PRECONFEZIONATI da Società di betonaggio, con l'osservanza di tutte le disposizioni sopra descritte. L'Impresa assume comunque a suo pieno e completo carico ogni onere e responsabilità a tutti gli effetti, come da produzione sua propria. Ciò vale anche per le operazioni eventuali di getto a mezzo pompa. Per getti diretti da betoniera è vietato in modo assoluto fluidificare l'impasto con aggiunta di acqua.

### 6.4.4 Additivi per calcestruzzo e modalità di impiego

Qualora l'Impresa intenda utilizzare additivi per il calcestruzzo questi devono rispettare le seguenti prescrizioni:

- Additivo fluidificante secondo UNI EN 934-2:2002 “Additivi per calcestruzzo - Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura”.
- Impiego: per esempio per getti di piccolo spessore
- Additivo accelerante invernale (detto “antigelo”) secondo UNI EN 934-2:2002.
- Impiego: per esempio getti in stagione invernale
- Additivo resistente all’acqua (detto “impermeabilizzante” tipo Penetron Admix o equivalente) secondo UNI EN 934-2:2002.

Impiego: per esempio getti contro terra non proteggibili con impermeabilizzazione tradizionale

L’uso eventuale di additivi si ritiene compensato nel prezzo del calcestruzzo.

Gli additivi devono essere impiegati secondo i dosaggi e le prescrizioni del produttore. Il produttore è tenuto a esibire risultati provenienti da una ampia sperimentazione pratica sul tipo e sulla dose dell'additivo da usarsi, nonché le prove di Laboratori Ufficiali che dimostrino la conformità del prodotto alle disposizioni vigenti e garantire la qualità e la costanza delle caratteristiche del prodotto stesso. Il produttore di additivi deve mettere a disposizione, su richiesta della DL, propri tecnici qualificati e specializzati nell'impiego degli additivi, per la risoluzione dei vari problemi tecnici connessi all'impiego degli stessi, in relazione alla migliore esecuzione dell'opera.

#### 6.4.5 Valutazione preliminare della resistenza

Serve a determinare, prima dell’inizio della costruzione delle opere, la miscela per produrre il calcestruzzo con la resistenza caratteristica di progetto.

Il costruttore, prima dell’inizio della costruzione di un’opera, deve effettuare idonee prove preliminari di studio, per ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo da utilizzare, al fine di ottenere le prestazioni richieste dal progetto.

Si devono documentare:

- Inerti: campionature e analisi granulometriche
- Cemento: prove secondo norma
- Cls: (quando non fornito a prestazione e resistenza caratteristica garantita)
- Curva granulometrica con % in peso degli inerti
- Contenuto d’acqua: umidità inerti, aggiunta, totale
- Dosaggio e tipo di cemento
- Rapporto A/C
- Slump-test
- Tipo e quantità di additivi
- Prove di resistenza a 7 e 28 giorni

Il costruttore resta comunque responsabile della qualità del calcestruzzo, che è controllata dal Direttore dei Lavori.

#### 6.4.6 Controllo di produzione

Riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo durante la produzione del calcestruzzo stesso.

Per calcestruzzo confezionato con processo industrializzato si intende quello prodotto mediante impianti, strutture e tecniche organizzate sia in cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso.

Gli impianti per la produzione con processo industrializzato del calcestruzzo devono essere idonei a una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate al confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e mantenere la qualità del prodotto.

Gli impianti devono dotarsi di un sistema permanente di controllo interno della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto risponda ai requisiti previsti dalle norme e che tale rispondenza sia costantemente mantenuta fino all’impiego.

Il sistema di controllo della produzione di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato in impianti di un fornitore, predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000, deve fare riferimento alle

specifiche indicazioni contenute nelle Linee guida sul calcestruzzo preconfezionato elaborato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.

Detto sistema di controllo deve essere certificato da organismi terzi indipendenti che operano in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006, autorizzati dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. sulla base dei criteri di cui al DM 9/5/2003 n. 156.

I documenti che accompagnano ogni fornitura di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato devono indicare gli estremi di tale certificazione.

Prima dell'inizio della fornitura, l'Appaltatore deve consegnare al Direttore dei Lavori copia della certificazione del controllo di processo produttivo dello stabilimento di produzione del cls; devono essere rifiutate le eventuali forniture provenienti da impianti non conformi.

#### 6.4.7 CAM

In fase di approvvigionamento l'appaltatore dovrà accertarsi della rispondenza al criterio sopra descritto in merito al quantitativo di riciclato presente nella miscela (5%). La percentuale di materia riciclata deve essere dimostrata tramite una delle seguenti opzioni:

- Una dichiarazione ambientale di Tipo III, conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025;
- Una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato come ReMade in Italy®, Plastica Seconda Vita o equivalenti;
- Una autodichiarazione ambientale di Tipo II conforme alla norma ISO 14021, verificata da un organismo di valutazione della conformità.

Tali dichiarazioni dovranno essere preventivamente sottoposte alla DL per l'accettazione.

#### 6.4.8 Controllo di accettazione

Riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo durante l'esecuzione dell'opera, con prelievo effettuato contestualmente al getto dei relativi elementi strutturali.

Il Direttore dei Lavori, infatti, ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato in sede di valutazione preliminare.

Per l'Appalto in oggetto si procede con i controlli di tipo A o B in ragione dei volumi di calcestruzzo dei manufatti (tipo A fino a 300 m<sup>3</sup>; tipo B per volumi maggiori).

Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m<sup>3</sup> massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo. Nelle costruzioni con meno di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

Un prelievo consiste nel prelevare dagli impasti, al momento della posa in opera e alla presenza del Direttore dei Lavori o di persona di sua fiducia, il calcestruzzo necessario per la confezione di un gruppo di due provini. La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la "Resistenza di prelievo" che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del calcestruzzo.

Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-1 e UNI EN 12390-2.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-3 e UNI EN 12390-4.

Siano R1, R2, R3 le tre resistenze di prelievo indicate in ordine crescente (N/mm<sup>2</sup>):

$$R1 \leq R2 \leq R3$$

Il controllo di accettazione è positivo ed il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le disuguaglianze:

$$R_{c,min} \geq R_{ck} - 3,5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$R_{cm28} \geq R_{ck} + 3,5 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{per } n^{\circ} \text{ prelievi: } 3$$

$$R_{cm28} \geq R_{ck} + 1,48 s \text{ (N/mm}^2\text{) per } n^\circ \text{ prelievi } \geq 15$$

con:

$R_{ck}$  = resistenza caratteristica richiesta nelle specifiche di progetto.

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale.

La domanda di prova al laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

Le prove non richieste dal Direttore dei Lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3.

I certificati di prova emessi dai laboratori, autorizzati ai sensi delle NTC, devono contenere almeno:

- L'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- Una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- L'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- Il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;
- La descrizione, l'identificazione e la data di prelievo dei campioni da provare;
- La data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- L'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- Le dimensioni effettivamente misurate dei campioni provati, dopo eventuale rettifica;
- Le modalità di rottura dei campioni;
- La massa volumica del campione;
- I valori di resistenza misurati.

L'opera o la parte di opera non conforme ai controlli di accettazione non può essere accettata finché la non conformità non è stata definitivamente rimossa dal costruttore, il quale deve procedere ad una verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine.

I controlli di accettazione sono obbligatori e il collaudatore è tenuto a controllarne la validità, qualitativa e quantitativa; ove ciò non fosse, il collaudatore è tenuto a far eseguire delle prove che attestino le caratteristiche del calcestruzzo, seguendo la medesima procedura che si applica quando non risultino rispettati i limiti fissati dai "controlli di accettazione".

#### 6.4.9 Controllo della resistenza del cls in opera

Nel caso in cui le resistenze a compressione dei provini prelevati durante il getto non soddisfino i criteri di accettazione della classe di resistenza caratteristica prevista nel progetto, oppure sorgano dubbi sulla qualità e rispondenza del calcestruzzo ai valori di resistenza determinati nel corso della qualificazione della miscela, oppure si renda necessario valutare a posteriori le proprietà di un calcestruzzo precedentemente messo in opera, si può procedere a una valutazione delle caratteristiche di resistenza attraverso una serie di prove sia distruttive che non distruttive. Tali prove non devono, in ogni caso, intendersi sostitutive dei controlli di accettazione.

Il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza strutturale) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in condizioni di laboratorio (definita come resistenza potenziale). È accettabile un valore medio della resistenza strutturale, misurata con tecniche opportune (distruttive e non distruttive) e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, non inferiore all'85% del valore medio definito in fase di progetto.

Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale si può fare utile riferimento alle norme UNI EN 12504-1, UNI EN 12504-2, UNI EN 12504-3, UNI EN 12504-4 nonché alle "Linee Guida per la valutazione

delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo” pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Qualora gli ulteriori controlli confermino i risultati ottenuti, si deve procedere a un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo non conforme, sulla base della resistenza ridotta del calcestruzzo.

Ove ciò non fosse possibile, ovvero i risultati di tale indagine non risultassero soddisfacenti si può dequalificare l’opera, eseguire lavori di consolidamento ovvero demolire l’opera stessa.

#### 6.4.9.1 Prove complementari

Sono prove che eventualmente si eseguono al fine di stimare la resistenza del calcestruzzo in corrispondenza a particolari fasi di costruzione (precompressione, messa in opera) o condizioni particolari di utilizzo (temperature eccezionali, ecc.).

Il procedimento di controllo è uguale a quello dei controlli di accettazione.

Tali prove non possono però essere sostitutive dei “controlli di accettazione” che vanno riferiti a provini confezionati e maturati secondo le prescrizioni precedenti.

I risultati di tali prove possono servire al Direttore dei Lavori o al Collaudatore per formulare un giudizio sul calcestruzzo in opera qualora non sia rispettato il “controllo di accettazione”.

#### 6.4.10 Prodotti per impregnazione calcestruzzi esistenti

Per garantire e prolungare la durabilità delle opere esistenti, in particolare relativamente agli elementi in ferrocemento caratterizzati da uno scarso copriferro, è da prevedersi l’applicazione di prodotti utilizzabili come trattamento superficiale protettivo idrorepellente (tipo Sikagard 700S o equivalente) e incolore per materiali assorbenti esposti, idoneo per protezione contro l’ingresso (Principio 1, metodo 1.1 delle EN 1504-9), per il controllo dell’umidità (Principio 2, metodo 2.1 delle EN 1504-9) e per aumentare la resistività (Principio 8, metodo 8.1 delle EN 1504-9).

Il supporto deve essere pulito, asciutto, assorbente, esente da grassi, oli o precedenti pitturazioni. Fessure nel calcestruzzo superiori a 200 micron vanno riparate prima dell’applicazione del trattamento idrofobico. La migliore pulizia del supporto si ottiene con: lavaggio con vapore, leggera sabbiatura oppure spazzolatura con idoneo detergente. Il sottofondo non deve presentare macchie di umidità. Il prodotto viene steso con almeno due mani; per applicare strati di finitura attendere almeno 5 ore dall’ultima stesura.

Le caratteristiche principali del prodotto sono riportate di seguito.

Base chimica	Miscela silano/silossano in solvente organico
Aspetto/Colore	Liquido incolore
Densità	0,80 kg/l (a+20°C)
Temperatura ambiente	min. +5°C / max +30°C
Temperatura del supporto	min. +5°C / max +30°C
Contenuto umidità substrato	<5-6%
Consumo	0,30-0,50 kg/m <sup>2</sup> per strato

### 6.5 Barre d’armatura e reti

È ammesso l’utilizzo di:

- Acciaio per cemento armato in barre ad aderenza migliorata B450C controllato in stabilimento e saldabile:  $f_y \text{ nom} = 450 \text{ N/mm}^2$ ;  $f_t \text{ nom} = 540 \text{ N/mm}^2$ .
- Acciaio inossidabile (AISI 304) in barre ad aderenza migliorata controllato in stabilimento e saldabile:  $f_y \text{ nom} = 450 \text{ N/mm}^2$ ;  $f_7\% = 540 \text{ N/mm}^2$ .

Caratteristiche	Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{y \text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t \text{ nom}}$	5.0
$(f_t / f_y)_k$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	10.0
$(f_t / f_{y \text{ nom}})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7,5\%$	10.0

Caratteristiche	Requisiti	Frattile (%)
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
Ø < 12mm	4Ø	
12 ≤ Ø ≤ 16mm	5Ø	
16 ≤ Ø ≤ 25mm	8Ø	
25 ≤ Ø ≤ 40mm	10Ø	

Pannelli di rete elettrosaldata costituiti da barre tonde ad aderenza migliorata B450C, o in acciaio inossidabile (AISI 304) con medesime caratteristiche di resistenza, saldabile.

L'interasse delle barre non deve superare 330 mm.

Per le reti costituite da barre in acciaio B450C gli elementi base devono avere un diametro tale per cui:

$$6\text{mm} \leq \text{Ø} \leq 16\text{mm}.$$

Il rapporto tra i diametri delle barre componenti le reti elettrosaldate deve essere:

$$\text{Ø min} / \text{Ø Max} \geq 0,6$$

I nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la norma UNI EN ISO 15630-2 pari al 25% della forza di snervamento della barra, da computarsi per quella di diametro maggiore sulla tensione di snervamento pari a 450 N/mm<sup>2</sup>. Tale resistenza al distacco della saldatura del nodo, va controllata e certificata dal produttore di reti secondo le procedure di qualificazione previste dalla normativa vigente.

In ogni elemento di rete le singole armature componenti devono avere le stesse caratteristiche.

Relativamente alle reti elettrosaldate, si riporta di seguito la tabella dei pesi equivalenti riferiti ad 1,0m<sup>2</sup> di rete.

PESI EQUIVALENTI RETI ELETTRISALDATE A MAGLIA QUADRATA			
Ø mm	# 10x10cm kg/m <sup>2</sup>	# 15x15cm kg/m <sup>2</sup>	# 20x20cm kg/m <sup>2</sup>
5	3,08	2,11	1,54
6	4,44	3,03	2,22
8	7,90	5,39	3,95
10	-	-	6,17

### 6.5.1 Materiali

Le barre ad aderenza migliorata devono possedere le proprietà indicate sul D.M. 17.01.2018 §11.3.2.

L'intera fornitura deve essere del tipo **CONTROLLATA IN STABILIMENTO** ai sensi delle NTC §11.3.1-§11.3.2 e può essere accettata in cantiere senza ulteriori controlli se accompagnata da certificato di Laboratorio Ufficiale e se munita di legatura con marchio del produttore o contraddistinta con marchio di laminazione a caldo. È comunque facoltà della DL strutturale richiedere un controllo a campione, da effettuarsi in laboratori ufficiali, su provini prelevati dai lotti di acciaio consegnato in cantiere.

Per le reti di acciaio elettrosaldate è ammesso anche l'uso di acciaio B450A controllato in stabilimento  $f_{y,nom} = 450 \text{ N/mm}^2$ ;  $f_{t,nom} = 540 \text{ N/mm}^2$ .

Caratteristiche	Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{y,nom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t,nom}$	5.0
$(f_t / f_y)_k$	$\geq 1,05$	10.0
$(f_t / f_{y,nom})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 2,5\%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
Ø < 10mm	4Ø	

Le reti devono possedere le caratteristiche indicate NTC §11.3.2.5 e possono essere formate con fili aventi diametro compreso fra 6 e 16 mm se in acciaio B450C e fra 5 e 12 mm se in acciaio B450A e maglia non superiore ai 33 cm.

### 6.5.2 Acciaio ad alta resistenza

Acciaio ad alta resistenza ad elevatissime caratteristiche resistenziali abbinato a buona tenacità, lavorabilità e saldabilità. A titolo prestazionale si riporta un acciaio S 960 QL – EN 10025-6 (tipo XAB0 1100 o equivalente) con spessori utilizzabili da 4 a 30 mm, e con le caratteristiche meccaniche riportate in Figura 1.

PROVA DI TRAZIONE SU PROVETTA TRASVERSALE					PROVA DI RESILIENZA			
QUALITÀ	spessore m m	Re H N/mm <sup>2</sup> m in	Rm N/m m <sup>2</sup> m in		A%	TEMP °C	KV Long. >m in	KV Trasv. >m in
NAXTRA 700	≤ 65	700	770	940	14	-60	30	27
NAXTRA 700	> 65	650	760	930	14	-60	30	27
XAB0 890	≤ 50	890	940	1100	12	-40	30	27
XAB0 890	> 50	830	880	1100	12	-40	30	27
XAB0 960	≤ 50	960	980	1150	12	-40	30	27
XAB0 960	> 50	920	970	1100	12	-40	30	27
XAB0 1100	≤ 30	1100	1200	1500	8	-40	30	27

Figura 1: Caratteristiche meccaniche acciaio tipo S 960 QL – EN 10025-6 (tipo XAB0 1100 o equivalente).

### 6.5.3 CAM

Devono essere utilizzati acciai prodotti con un contenuto minimo di materiale riciclato come di seguito specificato in base al tipo di processo industriale:

- Acciaio da forno elettrico: contenuto minimo di materiale riciclato pari al 70%;
- Acciaio da ciclo integrale: contenuto minimo di materiale riciclato pari al 10%.

L'appaltatore deve accertarsi della rispondenza al criterio. La percentuale di materia riciclata deve essere dimostrata tramite una delle seguenti opzioni:

- Una dichiarazione ambientale di Tipo III, conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025;
- Una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato come ReMade in Italy® o equivalenti;
- Una autodichiarazione ambientale di Tipo II conforme alla norma ISO 14021, verificata da un organismo di valutazione della conformità.

Tali dichiarazioni dovranno essere preventivamente sottoposte alla DL per l'accettazione.

### 6.5.4 Modalità esecutive - Generalità

Nella lavorazione e posa delle barre d'armatura si devono rispettare le disposizioni del D.M. 17.01.2018. Le barre devono essere immagazzinate sollevate dal suolo, evitando che vengano imbrattate da altre sostanze. Al momento del getto devono risultare pulite e scevre di corrosioni localizzate, scaglie libere di trafilatura, ruggine libera, ghiaccio, olio ed altre sostanze nocive all'armatura, al calcestruzzo e all'aderenza tra i due.

TAGLIO E PIEGATURA: è tassativamente vietato piegare a caldo le barre; la piegatura deve essere eseguita impiegando piegatrici meccaniche.

L'ANCORAGGIO delle barre deve essere effettuato secondo i paragrafi 4.1.6.1.4 e 7.4.6.2 del D.M. 17.01.2018 e comunque rispettando le disposizioni delle tavole del progetto esecutivo

La SOVRAPPOSIZIONE delle barre deve essere effettuata secondo i paragrafi 4.1.6.1.4 e 7.4.6.2 del D.M. 17.01.2018, precisando il sistema che si intende adottare e rispettando le disposizioni delle tavole di progetto esecutivo.

Il COPRIFERRO E L'INTERFERRO devono essere secondo il punto 4.1.6.1.3 del D.M. 17.01.2018 e comunque rispettare le disposizioni delle tavole del progetto esecutivo. In particolare, il copriferro è, per tutte

le armature, adeguato alle prescrizioni per ottenere le resistenze REI specificate in progetto. È previsto l'utilizzo dei distanziatori in plastica o in cls per garantire il copriferro previsto su tutte le superfici di getto.

## 6.6 Casseforme

### 6.6.1 Casserature in materiale e dimensioni a scelta dell'appaltatore

Per esecuzione di getti risultanti non in vista di sottoplinti, plinti, sottomurazioni, banchine, travi portamuro, muri.

Le casserature possono essere:

- Metallo di tipo industrializzato a elementi modulari componibili;
- Tavole in legno (sottomisure di spessore non inferiore a 2,5 cm) nuove piattate a fili paralleli di legno resinoso;
- Pannelli multistrato con film protettivo su entrambi i lati montati come lastre-cassero su telai metallici e/o banchinaggi tradizionali.

Impiego: strutture in elevazione in vista quali setti, pilastri, strutture delle scale, travi e completamenti di solai, muri.

N.B. Per elementi in cui si richiede una finitura superficiale “faccia a vista” questo effetto può essere ottenuto con successiva lavorazione di tipo “rasatura” da intendersi compensata nel prezzo delle casseforme.

### 6.6.2 Casserature per opere interne di consolidamento, rinforzo, sottomurazione e simili

Sono da utilizzare, a seconda si tratti di opere risultanti successivamente non in vista o in vista casseforme rispondenti ai requisiti descritti rispettivamente per i tipi precedenti.

### 6.6.3 Trattamenti superficiali

Tutte le superfici interne dei casseri di elementi strutturali, che a scasseratura avvenuta rimarranno in vista o devono avere finitura faccia a vista, devono essere trattate con prodotti disarmanti (oli puri con aggiunta di attivanti superficiali - emulsioni cremose di acqua in olio con attivanti) da sottoporre all'approvazione della DL strutturale.

In ogni caso, tale approvazione non annulla in alcun modo la responsabilità dell'Appaltatore nel caso di risultato insoddisfacente rispetto a quanto precisato nel presente capitolato.

I prodotti disarmanti devono essere applicati, in modo uniforme, dall'alto verso il basso e per ultimo sui fondi, impiegando il minimo quantitativo sufficiente a ottenere un buon distacco ed evitando altresì la formazione di grumi.

In fase di applicazione i prodotti disarmanti non devono mai venire in contatto con le armature, con il calcestruzzo già indurito o con altri materiali non costituenti superficie interna delle casseforme.

## 6.7 Malte cementizie per riparazione e rinforzo delle strutture in calcestruzzo

Ai fini della riparazione e rinforzo degli elementi di calcestruzzo esistenti, e per garantirne la durabilità, devono essere utilizzate malte rispondenti ai requisiti indicati nella serie UNI EN 1504 per la sicurezza e la valutazione della conformità dei prodotti e sistemi da impiegare per la protezione della superficie di calcestruzzo, per aumentare la durabilità e per opere di manutenzione e di riparazione.

I metodi di protezione ammessi, da progettare secondo la UNI EN 1504-9, sono i seguenti:

- impregnazione idrofobica;
- impregnazione;
- rivestimento.

Per gli interventi previsti in progetto si prediligono i sistemi di impregnazione, al fine di ridurre la porosità della superficie e a rinforzare la superficie, con i pori e le capillarità sono parzialmente o totalmente riempiti, e i sistemi di rivestimento, ovvero con l'obiettivo di ottenere uno strato protettivo continuo sulla superficie del calcestruzzo, per esempio l'applicazione di sistemi FRCM.

Nella progettazione esecutiva, il processo di riparazione deve essere condotto, come il già avvenuto nel progetto di fattibilità, rispettando le seguenti fasi:

- valutazione delle condizioni della struttura;

- identificazione delle cause di deterioramento;
- decisione degli obiettivi della protezione e della riparazione;
- scelta del/dei principio/i di protezione e riparazione appropriato/i;
- scelta dei metodi;
- definizione delle proprietà dei prodotti e dei sistemi;
- specifica dei requisiti di manutenzione in seguito alla protezione ed alla riparazione.

I principi e i metodi scelti per gli interventi di progetto sono riportati nella tabella seguente.

Principio N	Principio e definizione	Metodo intervento
Principio 1 [PI]	<b>Protezione contro l'ingresso.</b> Riduzione o prevenzione dell'ingresso di agenti aggressivi, per esempio acqua, altri liquidi, vapore, gas, agenti chimici e biologici	<b>Impregnazione</b> Applicazione di prodotti liquidi che penetrano nel calcestruzzo e chiudono il sistema di pori.
Principio 3 [CR]	<b>Ripristino del calcestruzzo.</b> Ripristino del calcestruzzo originale di un elemento della struttura nella forma ed alla funzione specificate originariamente. Ripristino della struttura di calcestruzzo mediante sostituzione di una parte.	<b>Applicazione della malta a mano.</b>
Principio 4 [SS]	<b>Rafforzamento strutturale.</b> Aumento o ripristino della capacità di carico strutturale di un elemento della struttura di calcestruzzo.	- Aggiunta o sostituzione delle barre di armatura di acciaio interne o esterne. - Rinforzi a taglio e/o flessione mediante sistemi FRCM. - Aggiunta di malta o calcestruzzo. - Iniezione nelle fessure, nei vuoti - o negli interstizi.
Principio 7 [RP]	<b>Conservazione e ripristino della passività.</b> Creazione delle condizioni chimiche in cui la superficie dell'armatura viene mantenuta o riportata ad una condizione di passività.	<b>Ripristino/aumento del copriferro con aggiunta di malta di cemento o calcestruzzo.</b>

### 6.7.1 Malte cementizia per ripristini (Tipo geolite o equivalente)

Passivazione, ripristino localizzato o generalizzato monolitico a spessore centimetrico di elementi di strutture e infrastrutture in calcestruzzo degradato, rasatura monolitica protettiva a spessore millimetrico, mediante applicazione manuale o a macchina di malta minerale certificata, eco-compatibile, tixotropica, a presa normale, a base di legante compatibile con superfici cementizie, a bassissimo contenuto di polimeri petrolchimici ed esente da fibre organiche, specifica per la passivazione, il ripristino, la rasatura e la protezione monolitica a durabilità garantita di strutture in calcestruzzo (tipo GeoLite o equivalente), provvista di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla Norma EN 1504-7 per la passivazione delle barre di armatura, dalla EN 1504-3, Classe R4, per la ricostruzione volumetrica e la rasatura e dalla EN 1504-2 per la protezione delle superfici, in accordo ai Principi 2, 3, 4, 5, 7, 8 e 11 definiti dalla EN 1504-9.

- Marcatura CE
- Massa volumica apparente  $\approx 1260 \text{ kg/m}^3$
- Natura mineralogica aggregato silicatica-carbonatica
- Intervallo granulometrico 0 – 0,5 mm EN 12192-1
- Spandimento dell'impasto 160 – 180 mm EN 13395-1
- Massa volumica dell'impasto  $\approx 2050 \text{ kg/m}^3$
- pH dell'impasto  $\geq 12,5$
- Temperature limite di applicazione da +5 °C a +40 °C
- Spessore minimo 2 mm
- Spessore massimo per strato 40 mm

Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti richiesti EN 1504-7
Protezione dalla corrosione	EN 15183	nessuna corrosione
Adesione per taglio	EN 15184	≥ 80% del valore della barra nuda
	Metodo di prova	Requisiti richiesti EN 1504-3 classe R4
Resistenza a compressione	EN 12190	≥ 45 MPa (28 gg)
Legame di aderenza	EN 1542	≥ 2 MPa (28 gg)
Resistenza alla carbonatazione	EN 13295	profondità di carbonatazione ≤ calcestruzzo di riferimento [MC (0,45)]
Modulo elastico a compressione	EN 13412	≥ 20 GPa (28 gg)
Compatibilità termica ai cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti	EN 13687-1	forza di legame dopo 50 cicli ≥ 2 MPa
Assorbimento capillare	EN 13057	≤ 0,5 kg·m-2·h-0,5
Contenuto ioni cloruro (Determinato sul prodotto in polvere)	EN 1015-17	≤ 0,05%
Reazione al fuoco	EN 13501-1	Euroclasse A1

### 6.7.2 Malte cementizia per composti FRCC (Tipo geolite o equivalente)

Passivazione, ripristino localizzato o generalizzato monolitico a spessore centimetrico di elementi di strutture e infrastrutture in calcestruzzo degradato, rasatura monolitica protettiva a spessore millimetrico, mediante applicazione manuale o a macchina di malta minerale certificata, eco-compatibile, tixotropica, a presa normale, a base di legante compatibile con superfici cementizie, a bassissimo contenuto di polimeri petrolchimici ed esente da fibre organiche, specifica per la passivazione, il ripristino, la rasatura e la protezione monolitica a durabilità garantita di strutture in calcestruzzo (tipo GeoLite o equivalente), provvista di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla Norma EN 1504-7 per la passivazione delle barre di armatura, dalla EN 1504-3, Classe R4, per la ricostruzione volumetrica e la rasatura e dalla EN 1504-2 per la protezione delle superfici, in accordo ai Principi 2, 3, 4, 5, 7, 8 e 11 definiti dalla EN 1504-9.

- Marcatura CE
- Massa volumica apparente ≈ 1260 kg/m<sup>3</sup>
- Natura mineralogica aggregato silicatica-carbonatica
- Intervallo granulometrico 0 – 0,5 mm EN 12192-1
- Spandimento dell'impasto 160 – 180 mm EN 13395-1
- Massa volumica dell'impasto ≈ 2050 kg/m<sup>3</sup>
- pH dell'impasto ≥ 12,5
- Temperature limite di applicazione da +5 °C a +40 °C
- Spessore minimo 2 mm
- Spessore massimo per strato 40 mm

Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti richiesti EN 1504-7
Protezione dalla corrosione	EN 15183	nessuna corrosione
Adesione per taglio	EN 15184	≥ 80% del valore della barra nuda
	Metodo di prova	Requisiti richiesti EN 1504-3 classe R4
Resistenza a compressione	EN 12190	≥ 45 MPa (28 gg)
Legame di aderenza	EN 1542	≥ 2 MPa (28 gg)
Resistenza alla carbonatazione	EN 13295	profondità di carbonatazione ≤ calcestruzzo di riferimento [MC (0,45)]
Modulo elastico a compressione	EN 13412	≥ 20 GPa (28 gg)
Compatibilità termica ai cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti	EN 13687-1	forza di legame dopo 50 cicli ≥ 2 MPa

Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti richiesti EN 1504-7
Assorbimento capillare	EN 13057	$\leq 0,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-0,5}$
Contenuto ioni cloruro (Determinato sul prodotto in polvere)	EN 1015-17	$\leq 0,05\%$
Reazione al fuoco	EN 13501-1	Euroclasse A1

Per particolari necessità si può essere necessario ricorrere a matrici minerali epossidiche (tipo GeoliteGel o equivalente), provvista di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla Norma EN 1504-4 e EN 1504-6, Euroclasse di reazione al fuoco del composito D-s2, d0 (EN 13501).

### 6.7.3 Malte cementizia colabile per rinforzi FRC (Tipo geolite magma xenon o equivalente)

Sistema malta colabile FRC: composito con malta e fibre in acciaio per esecuzione di riparazione, rinforzo strutturale e miglioramento sismico di elementi e strutture in c.a., mediante l'utilizzo di malta colabile fibrorinforzata ad elevata duttilità e altissima prestazione, FRC (Fiber Reinforced Concrete), realizzata con fibre di acciaio ottenute mediante trafilatura a freddo del filo di acciaio ad alta resistenza e alto indice di carbonio (tipo Steel Fiber o equivalente), lunghezza 13 mm, diametro 0,20 mm, resistenza a trazione  $\geq 3100$  MPa, modulo elastico  $\geq 200$  GPa, provvista di marcatura CE conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla Norma EN 14889-1, immerse in malta certificata a base cementizia, eco-compatibile, colabile, a bassissimo contenuto di polimeri petrolchimici ed esente da fibre organiche, specifica per la passivazione, il ripristino e il consolidamento monolitico a durabilità garantita di strutture in calcestruzzo e l'ancoraggio di elementi metallici, (tipo GeoLite Magma o equivalente), provvista di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla Norma EN 1504-7 per la passivazione delle barre di armatura, dalla EN 1504-3, Classe R4, per la ricostruzione volumetrica e il consolidamento e dalla EN 1504-6 per l'ancoraggio, in accordo ai Principi 3, 4, 7 e 11 definiti dalla EN 1504-9. Caratteristiche meccaniche certificate in accordo con le linee guida FRC del C.S.LL.PP.

- Marcatura CE
- Massa volumica apparente  $\approx 1260 \text{ kg/m}^3$
- Natura mineralogica aggregato silicatica-carbonatica
- Intervallo granulometrico 0 – 1,5 mm EN 12192-1
- Spandimento dell'impasto 215 mm EN 13395-1
- Massa volumica dell'impasto  $\approx 2270 \text{ kg/m}^3$
- pH dell'impasto  $\geq 12,5$
- Temperature limite di applicazione da +5 °C a +40 °C
- Spessore minimo 15 mm
- Spessore massimo per strato 40 mm

Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti richiesti EN 1504-7
Protezione dalla corrosione	EN 15183	nessuna corrosione
Adesione per taglio	EN 15184	$\geq 80\%$ del valore della barra nuda
	Metodo di prova	Requisiti richiesti EN 1504-3 classe R4
Resistenza a compressione	EN 12190	$\geq 45 \text{ MPa}$ (28 gg)
Legame di aderenza	EN 1542	$\geq 2 \text{ MPa}$ (28 gg)
Resistenza alla carbonatazione	EN 13295	profondità di carbonatazione $\leq$ calcestruzzo di riferimento [MC (0,45)]
Modulo elastico a compressione	EN 13412	$\geq 20 \text{ GPa}$ (28 gg)
Compatibilità termica ai cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti	EN 13687-1	forza di legame dopo 50 cicli $\geq 2 \text{ MPa}$
Assorbimento capillare	EN 13057	$\leq 0,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-0,5}$
Contenuto ioni cloruro (Determinato sul prodotto in polvere)	EN 1015-17	$\leq 0,05\%$
Reazione al fuoco	EN 13501-1	Euroclasse A1

## 6.8 Malte di calce speciali

Le malte devono riferirsi ai gruppi di norma principali EN 459 e EN 998 “specifiche per malte per opere murarie” (parte 1 = malte per intonaci; parte 2 = malte da muratura) ed essere dotate di scheda tecnica e di marcatura CE (sistema di attestazione di conformità/certificazione di prodotto/controllo/etichettatura).

Stante la presenza sul mercato di ampia offerta commerciale (a cui si associano modalità operative, compatibilità e caratteristiche particolari dei prodotti) si riportano nel seguito le principali prestazioni/parametri di riferimento richiedendo all’Impresa di individuare primario Fornitore con cui procedere congiuntamente, nel concreto delle esigenze di cantiere, a identificare nella propria linea di prodotti il materiale più idoneo da utilizzare.

### 6.8.1 Malte di calce per muratura per iniezione (Tipo geocalce FI antisismico o equivalente)

Il rinforzo con placcaggio diffuso o a fasce di elementi in muratura, l’allettamento, la stilatura o la realizzazione del betoncino strutturale saranno realizzate con una malta ad altissima igroscopicità e traspirabilità per muri interni ed esterni a base di pura calce naturale NHL 3.5 e legante a base calce compatibile con il supporto, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0 – 1,4 mm (tipo Geocalce F Antisismico o equivalente). La malta naturale dovrà soddisfare anche i requisiti della norma EN 998-2 – G/ M15 e EN 1504-3 – R1 PCC, reazione al fuoco classe A1, applicazione da eseguire a mano o con intonacatrice.

- Marcatura CE
- Assenza di cemento, (composizione a base di NHL 3,5)
- Natura mineralogica silicatica-carbonatica
- Intervallo granulometrico 0 – 1,4 mm
- Massa volumica apparente della malta fresca 1730 kg/m<sup>3</sup> EN 1015-6
- Massa volumica apparente della malta indurita 1500 kg/m<sup>3</sup> EN 1015-10
- Spessore massimo singolo strato ≈ 15 mm

Caratteristica prestazionale	Requisiti richiesti	Norma riferimento
Resistenza a compressione 28gg	Categoria M15	EN 998-2
Permeabilità al vapore acqueo (μ)	da 15 a 35 (valore tabulato)	EN 1745
Assorbimento idrico capillare	≈ 0,3 kg/(m <sup>2</sup> · min0,5)	EN 1015-18
Resistenza a taglio	> 1 N/mm <sup>2</sup>	EN 1052-3
Adesione al supporto a 28 gg	> 1 N/mm <sup>2</sup> - FP: B	EN 1015-12
Modulo elastico statico	9 GPa	EN 998-2
Resistenza a compressione	> 15 MPa (28 gg)	EN 12190
Resistenza a trazione per flessione	> 5 MPa (28 gg)	EN 196/1
Legame di aderenza	> 0,8 MPa (28 gg)	EN 1542
Adesione su laterizio	> 1 MPa (28 gg)	EN 1015-12
Contenuto ioni cloruro (determinato sul prodotto in polvere)	< 0,05%EN	1015-17
Reazione al fuoco	Euroclasse A1	EN 13501-1

### 6.8.2 Malte di calce per muratura (Tipo geocalce G antisismico o equivalente)

Il rinforzo con placcaggio diffuso o a fasce di elementi in muratura, l’allettamento, la stilatura o la realizzazione del betoncino strutturale saranno realizzate con una malta ad altissima igroscopicità e traspirabilità per muri interni ed esterni a base di pura calce naturale NHL 3.5 e legante a base calce compatibile con il supporto, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0 – 2,5 mm (tipo Geocalce F Antisismico o equivalente). La malta naturale dovrà soddisfare anche i requisiti della norma EN 998-2 – G/ M15 e EN 1504-3 – R1 PCC, reazione al fuoco classe A1, applicazione da eseguire a mano o con intonacatrice.

- Marcatura CE
- Assenza di cemento, (composizione a base di NHL 3,5)
- Natura mineralogica silicatica-carbonatica
- Intervallo granulometrico 0 – 2,5 mm

- Massa volumica apparente della malta fresca 1760 kg/m<sup>3</sup> EN 1015-6
- Massa volumica apparente della malta indurita 1600 kg/m<sup>3</sup> EN 1015-10
- Spessore massimo singolo strato ≈ 15 mm

Caratteristica prestazionale	Requisiti richiesti	Norma riferimento
Resistenza a compressione 28gg	Categoria M15	EN 998-2
Permeabilità al vapore acqueo (μ)	da 15 a 35 (valore tabulato)	EN 1745
Assorbimento idrico capillare	≈ 0,3 kg/(m <sup>2</sup> · min0,5)	EN 1015-18
Resistenza a taglio	> 1 N/mm <sup>2</sup>	EN 1052-3
Adesione al supporto a 28 gg	> 1 N/mm <sup>2</sup> - FP: B	EN 1015-12
Modulo elastico statico	9 GPa	EN 998-2
Resistenza a compressione	> 15 MPa (28 gg)	EN 12190
Resistenza a trazione per flessione	> 5 MPa (28 gg)	EN 196/1
Legame di aderenza	> 0,8 MPa (28 gg)	EN 1542
Adesione su laterizio	> 1 MPa (28 gg)	EN 1015-12
Contenuto ioni cloruro (determinato sul prodotto in polvere)	< 0,05%EN	1015-17
Reazione al fuoco	Euroclasse A1	EN 13501-1

### 6.8.3 Malte di calce per composti FRCM (Tipo geocalce F antisismico o equivalente)

Il rinforzo con placcaggio diffuso o a fasce di elementi in muratura, l'allettamento, la stilatura o la realizzazione del betoncino strutturale saranno realizzate con una malta ad altissima igroscopicità e traspirabilità per muri interni ed esterni a base di pura calce naturale NHL 3.5 e legante a base calce compatibile con il supporto, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0 – 1,4 mm (tipo Geocalce F Antisismico o equivalente). La malta naturale dovrà soddisfare anche i requisiti della norma EN 998-2 – G/ M15 e EN 1504-3 – R1 PCC, reazione al fuoco classe A1, applicazione da eseguire a mano o con intonacatrice.

- Marcatura CE
- Assenza di cemento, (composizione a base di NHL 3,5)
- Natura mineralogica silicatica-carbonatica
- Intervallo granulometrico 0 – 1,4 mm
- Massa volumica apparente della malta fresca 1730 kg/m<sup>3</sup> EN 1015-6
- Massa volumica apparente della malta indurita 1500 kg/m<sup>3</sup> EN 1015-10
- Spessore massimo singolo strato ≈ 15 mm

Caratteristica prestazionale	Requisiti richiesti	Norma riferimento
Resistenza a compressione 28gg	Categoria M15	EN 998-2
Permeabilità al vapore acqueo (μ)	da 15 a 35 (valore tabulato)	EN 1745
Assorbimento idrico capillare	≈ 0,3 kg/(m <sup>2</sup> · min0,5)	EN 1015-18
Resistenza a taglio	> 1 N/mm <sup>2</sup>	EN 1052-3
Adesione al supporto a 28 gg	> 1 N/mm <sup>2</sup> - FP: B	EN 1015-12
Modulo elastico statico	9 GPa	EN 998-2
Resistenza a compressione	> 15 MPa (28 gg)	EN 12190
Resistenza a trazione per flessione	> 5 MPa (28 gg)	EN 196/1
Legame di aderenza	> 0,8 MPa (28 gg)	EN 1542
Adesione su laterizio	> 1 MPa (28 gg)	EN 1015-12
Contenuto ioni cloruro (determinato sul prodotto in polvere)	< 0,05%EN	1015-17
Reazione al fuoco	Euroclasse A1	EN 13501-1

## 6.9 Reti di fibra di basalto e acciaio inox

Le reti per la realizzazione di rinforzi armati devono essere reti in fibra di basalto, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi, e microfilati di acciaio Inox AISI 304.

Stante la presenza sul mercato di ampia offerta commerciale (a cui si associano modalità operative, compatibilità e caratteristiche particolari dei prodotti) si riportano nel seguito le principali prestazioni/parametri di riferimento richiedendo all'Impresa di individuare primario Fornitore con cui procedere congiuntamente, nel concreto delle esigenze di cantiere, a identificare nella propria linea di prodotti il materiale più idoneo da utilizzare.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche della rete bidirezionale (tipo GeoSteel Grid 200-400 o equivalente) prevista in progetto, la cui indicazione è al solo scopo prestazionale:

- Marcatura CE / Benestare Tecnico Europeo ETA / Certificato di Valutazione Tecnica
- massa (comprensiva di termosaldatura e rivestimento protettivo)  $\approx 200-400 \text{ g/m}^2$
- resistenza caratteristica a trazione del filo di basalto  $\sigma_{\text{filo}} > 3000 \text{ MPa}$
- modulo elastico del filo di basalto  $E_{\text{filo}} > 870 \text{ GPa}$
- resistenza caratteristica a trazione del filo di acciaio  $\sigma_{\text{filo}} > 750 \text{ MPa}$
- modulo elastico del filo di acciaio  $E_{\text{filo}} > 200 \text{ GPa}$
- spessore equivalente della rete ( $200\text{g/m}^2$ )  $t_f \approx 0,032 \text{ mm}$
- spessore equivalente della rete ( $400\text{g/m}^2$ )  $t_f \approx 0,064 \text{ mm}$

## 6.10 Tessuti in fibra di acciaio

I tessuti in fibra di acciaio realizzati con microtrefoli di acciaio ad alta resistenza (UHTSS – Ultra High Tensile Strength Steel) in acciaio inox AISI 316, fissati su microrete in fibra di vetro.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche del tessuto non impregnato (tipo GeoSteel G600 o equivalente) previsto in progetto, formato da microtrefoli 3x2 ottenuti unendo fra loro 5 filamenti, di cui 3 rettilinei e 2 in avvolgimento con elevato angolo di torsione, la cui indicazione è al solo scopo prestazionale:

- Marcatura CE / Benestare Tecnico Europeo ETAss / Certificato di Valutazione Tecnica
- Area effettiva del trefolo 3x2 (5 fili)  $A_{\text{trefolo}} = 0,538 \text{ mm}^2$
- N° trefoli / cm 1,57 trefoli/cm
- Massa (comprensiva di termosaldatura)  $\approx 670 \text{ g/m}^2$
- Carico di rottura a trazione del trefolo  $> 1500 \text{ N}$
- Resistenza caratteristica a trazione del nastro  $\sigma_{\text{nastro}} > 3000 \text{ MPa}$
- Resistenza a trazione per unità di larghezza del nastro  $N_{\text{nastro}} > 2,35 \text{ kN/cm}$
- Modulo di elasticità medio del nastro  $E_{\text{nastro}} > 190 \text{ GPa}$
- Deformazione caratteristica a rottura del nastro  $\varepsilon_{\text{nastro}} > 2\%$
- Spessore equivalente  $t_f \approx 0,084 \text{ mm}$

Si riportano di seguito le principali caratteristiche del tessuto non impregnato (tipo GeoSteel G2000 o equivalente) previsto in progetto, formato da microtrefoli 3x2 ottenuti unendo fra loro 5 filamenti, di cui 3 rettilinei e 2 in avvolgimento con elevato angolo di torsione, la cui indicazione è al solo scopo prestazionale:

- Marcatura CE / Benestare Tecnico Europeo ETAss / Certificato di Valutazione Tecnica
- Area effettiva del trefolo 3x2 (5 fili)  $A_{\text{trefolo}} = 0,538 \text{ mm}^2$
- N° trefoli / cm 4,72 trefoli/cm
- Massa (comprensiva di termosaldatura)  $\approx 2000 \text{ g/m}^2$
- Carico di rottura a trazione del trefolo  $> 1500 \text{ N}$
- Resistenza caratteristica a trazione del nastro  $\sigma_{\text{nastro}} > 3000 \text{ MPa}$
- Resistenza a trazione per unità di larghezza del nastro  $N_{\text{nastro}} > 7,11 \text{ kN/cm}$
- Modulo di elasticità medio del nastro  $E_{\text{nastro}} > 190 \text{ GPa}$
- Deformazione caratteristica a rottura del nastro  $\varepsilon_{\text{nastro}} > 1,5\%$

- Spessore equivalente  $t_f \approx 0,254$  mm

### 6.11 Sistemi FRCM

I compositi FRCM<sup>2</sup> costituiscono sistemi o kit, secondo quanto specificato al punto 2 dell'art.2 del Regolamento UE 305/2011. I componenti del sistema di rinforzo devono essere posti in commercio da un unico Fabbricante, cui compete la responsabilità della dichiarazione delle Prestazioni, secondo quanto specificato dal suddetto Regolamento.

Tutti i sistemi FRCM, come tutti i materiali e i prodotti da costruzione per uso strutturale, devono essere dotati di marcatura CE o, in alternativa, Benestare Tecnico Europeo ETA o Certificato di Valutazione Tecnica rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, o per applicazioni particolari adeguatamente supportati da relazioni, calcoli, a firma di professionista abilitato, e prove su campioni ai sensi dell'art. 5 del Regolamento UE 305/2011. Ogni sistema FRCM deve essere accompagnato da Manuale di Preparazione e Manuale di Installazione.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei sistemi di rinforzo previsto in progetto:

- Esecuzione di riparazione, rinforzo strutturale, miglioramento o adeguamento sismico di elementi e strutture in c.a., mediante l'utilizzo di un sistema composito a matrice inorganica, SRG (Steel Reinforced Grout), provvisto di Marcatura CE, Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art.26 del Regolamento UE n. 305/2011 o Certificazione di Valutazione Tecnica, realizzato con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 2017 fissati su una microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 670 g/m<sup>2</sup> (tipo Geosteel G600 o equivalente); spessore equivalente del nastro = 0,084 mm, impregnato con malta cementizia certificata, eco-compatibile, tixotropica, a presa normale, a bassissimo contenuto di polimeri petrolchimici ed esente da fibre organiche, specifica per la passivazione, il ripristino, la rasatura e la protezione monolitica a durabilità garantita di strutture in calcestruzzo, provvista di marcatura CE (tipo Geolite o equivalente) da applicarsi direttamente alla struttura da rinforzare, con:
  - o Resistenza a trazione  $\sigma_{lim,conv} \approx 1800$  MPa
  - o Modulo elastico  $E_f \approx 195$  GPa
  - o Deformazione limite convenzionale  $\varepsilon_{lim,con} \approx 0,95\%$
- Esecuzione di riparazione, rinforzo strutturale, miglioramento o adeguamento sismico di elementi e strutture in c.a., mediante l'utilizzo di un sistema composito a matrice organica, SRP (Steel Reinforced Polymer), provvisto di marcatura CE, Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art.26 del Regolamento UE n. 305/2011 o Certificazione di Valutazione Tecnica, realizzato con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 2017 fissati su una microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 2000 g/m<sup>2</sup> (tipo Geosteel G2000 o equivalente); spessore equivalente del nastro = 0,084 mm, impregnato con adesivo minerale epossidico eco-compatibile, in gel, per incollaggi strutturali di tessuti in fibra di acciaio galvanizzato o altri materiali compositi in genere, provvisto di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalle Norme EN 1504-4 e EN 1504-6 per l'incollaggio di elementi strutturali e dalle linee guida CNR-DT 200 R1/2013, senza la necessità d'impiego di primer di aggrappo, esente da solventi, a bassissime emissioni di sostanze organiche volatili (tipo Geolite Gel o equivalente) da applicarsi direttamente alla struttura da rinforzare..
  - o Resistenza a trazione  $\sigma_{lim,conv} \approx 2850$  MPa
  - o Modulo elastico  $E_f \approx 210$  GPa
  - o Deformazione limite convenzionale  $\varepsilon_{lim,con} \approx 1,85\%$

- <sup>2</sup> Tali compositi vengono denominati anche TRC (Textile Reinforced Concrete), TRM (Textile Reinforced Mortars), IMG (Inorganic Matrix- Grid composites), SRG (Steel Reinforced Grout).

- Esecuzione di riparazione, rinforzo strutturale, miglioramento o adeguamento sismico di elementi e strutture in muratura, mediante l'utilizzo di un sistema composito a matrice inorganica FRM (Fabric Reinforced Mortar), provvisto di Marcatura CE, o Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art.26 del Regolamento UE n. 305/2011 o Certificazione di Valutazione Tecnica, realizzato con tessuto biassiale bilanciato in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi (tipo Geosteel Grid 400 o equivalente) caratteristiche tecniche certificate; spessore equivalente  $t_f (0^\circ - 90^\circ) = 0,064$  mm, massa totale comprensiva di termosaldatura e rivestimento protettivo  $\approx 400$  g/m<sup>2</sup>, impregnato con malta a base calce, ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0 – 1,4 mm (tipo Geocalce F Antisismico o equivalente) da applicarsi direttamente alla struttura da rinforzare.
  - o Resistenza a trazione  $\sigma_{FRM} \approx 850$  MPa
  - o Modulo elastico  $E_{FRM} \approx 65$  GPa
  - o Deformazione limite convenzionale  $\epsilon_{FRM} \approx 1,25\%$
  
- Esecuzione di riparazione, rinforzo strutturale, miglioramento o adeguamento sismico di elementi e strutture in muratura, mediante l'utilizzo di un sistema composito a matrice inorganica FRM (Fabric Reinforced Mortar), provvisto di Marcatura CE, o Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art.26 del Regolamento UE n. 305/2011 o Certificazione di Valutazione Tecnica, realizzato con tessuto biassiale bilanciato in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi (tipo Geosteel Grid 200 o equivalente) caratteristiche tecniche certificate; spessore equivalente  $t_f (0^\circ - 90^\circ) = 0,032$  mm, massa totale comprensiva di termosaldatura e rivestimento protettivo  $\approx 200$  g/m<sup>2</sup>, impregnato con malta a base calce, ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0 – 1,4 mm (tipo Geocalce F Antisismico o equivalente) da applicarsi direttamente alla struttura da rinforzare.
  - o Resistenza a trazione  $\sigma_{FRM} \approx 940$  MPa
  - o Modulo elastico  $E_{FRM} \approx 60$  GPa
  - o Deformazione limite convenzionale  $\epsilon_{FRM} \approx 1,50\%$

Stante la presenza sul mercato di ampia offerta commerciale, a cui si associano modalità operative, compatibilità e caratteristiche particolari dei prodotti con relative tempistiche correlate all'ottenimento delle certificazioni, eventuali combinazioni diverse da quelle sopra descritte di prodotti, correlate a esigenze specifiche a seguito delle verifiche di dettaglio del progetto esecutivo saranno analizzate, selezionato il prodotto, dall'Appaltatore tramite il Fornitore e accompagnate da calcoli e verifiche redatte da professionista abilitato integrate da eventuali prove su campioni.

## 6.12 Resine per inghisaggio

Stante la presenza sul mercato di ampia offerta commerciale (a cui si associano modalità operative, compatibilità e caratteristiche particolari dei prodotti) si riportano nel seguito le principali prestazioni/parametri di riferimento richiedendo all'Impresa di individuare primario Fornitore con cui procedere congiuntamente, nel concreto delle esigenze di cantiere, a identificare nella propria linea di prodotti il materiale più idoneo da utilizzare.

### 6.12.1 Resina per ancoraggio di barre ad aderenza migliorata su calcestruzzo

L'ancoraggio di barre ad aderenza migliorata su calcestruzzo si realizza mediante utilizzo di ancorante chimico epossidico, tipo HILTI HIT-RE 500 V3 con barra HIT-V o equivalente.

L'ancorante chimico a iniezione deve possedere almeno le seguenti caratteristiche meccaniche:

Barra	Resistenza	M12	M16
Classe 8.8 – cat. C1	$N_{Rd}$ (kN)	21,8	28,5
Classe 8.8 – cat. C1	$V_{Rd}$ (kN)	27,2	50,4
Classe 8.8 – cat. C2	$N_{Rd,seis}$ (kN)	-	23,0
Classe 8.8 – cat. C2	$V_{Rd,seis}$ (kN)	-	36,8

Ovvero dovrà essere fornita alla Direzione lavori una relazione a firma di professionista abilitato che garantisca il raggiungimento dei requisiti di sicurezza secondo i criteri di progetto e conformi alla normativa vigente.

### 6.12.2 Resina per ancoraggio di barre ad aderenza migliorata su muratura

L'ancoraggio di barre ad aderenza migliorata o filettate su muratura si realizza mediante utilizzo di adesivo ibrido a base vinilestere, tipo HILTI HIT-HY 270 con barra HIT-V o equivalente.

L'ancorante chimico a iniezione deve possedere almeno le seguenti caratteristiche meccaniche:

Barra	$h_{ef}$ (mm)	Resistenza	$f_b$ 12 N/mm <sup>2</sup>	$f_b$ 20 N/mm <sup>2</sup>	$f_b$ 40 N/mm <sup>2</sup>
Classe 8.8	>80	$N_{Rd}$ (kN)	1,0	1,4	2,2
Classe 8.8	>80	$V_{Rd}$ (kN)	2,6	3,4	4,2

L'Impresa è tenuta a eseguire dei test di estrazione in opera, in numero di almeno tre per tipologia di ancoraggio, per testare l'efficacia dell'ancorante e la rispondenza della certificazione alle resistenze effettivamente riscontrate per i materiali esistenti.

Ovvero dovrà essere fornita alla Direzione lavori una relazione a firma di professionista abilitato che garantisca il raggiungimento dei requisiti di sicurezza secondo i criteri di progetto e conformi alla normativa vigente.

### 6.13 Opere in carpenteria metallica

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si devono utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 1090, UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità, e per i quali si rimanda a quanto specificato nel D.M. 17.01.2018, punto A del § 11.1.

Per i prodotti per cui non sia applicabile la marcatura CE, si rimanda a quanto specificato nel D.M. 17.01.2018 punto B del §11.1 e si applica la procedura di controllo di cui al § 11.3.4.11.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377, UNI 552, EN 10002-1, UNI EN 10045-1.

Le opere in acciaio risultano illustrate sui disegni del Progetto Strutturale Esecutivo.

La concezione strutturale delle opere in acciaio prevede che le membrature siano di classe **EXC2** e realizzate mediante semilavorati in officina, assemblati in opera mediante giunzioni bullonate (flangiate o a coprigiunto). Sono ammesse in via eccezionale le saldature in opera dove per necessità di accesso e movimentazione alle aree interne di cantiere risultasse impossibile accedere con pezzi, previa autorizzazione della DL che nel caso darà le istruzioni per provvedere ai controlli del caso.

Sono attività comprese nella realizzazione delle strutture il trasporto, il tiro in quota e il montaggio.

Le disposizioni che seguono hanno lo scopo di evidenziare alcuni problemi essenziali: è comunque tassativo per l'Appaltatore attenersi a tutte le disposizioni di qualità e norme di esecuzione previste dalla normativa vigente, osservandosi in particolare la normativa EN 1090-1 e EN 1090-2, con relativa "Dichiarazione di Prestazione".

### 6.13.1 Materiali

Impiegare esclusivamente prodotti in acciaio marcati in modo inalterabile nel tempo secondo D.M. 17.01.2018. Il tipo di acciaio da utilizzare in particolare risulta:

- a) tutte le strutture orizzontali e verticali: S275 J0 e JR
- b) piastre e zanche per ancoraggi: S235 J0 e JR

Il materiale per i tirafondi e/o ancoranti si assume del tipo 8.8 zincato o acciaio inox A4 con diametri da M8 a M30 come meglio specificato sugli elaborati di progetto, tipo Hilti HIT-V e HAS-E, completi di dado e rondella con sistema di riempimento, serrati con una coppia tale da indurre una tensione pari a 0,8 la tensione di snervamento.

Per le catene e i diatoni è ammesso l'impiego di barre in acciaio inossidabile AISI 304 (A2) ad alta resistenza (tensione di rottura a trazione 750 N/mm<sup>2</sup> - tensione di snervamento 650 N/mm<sup>2</sup>)

### 6.13.2 Saldature

Tutte le saldature devono essere eseguite in conformità con quanto disposto dalle NTC §11.3.4.5 e dalla norma UNI EN ISO 2560:2010 e EN 1090-2.

Classe delle saldature EXC2, con procedura di saldatura 111 e/o 131.

Per le saldature con elettrodi rivestiti impiegare saldatori che abbiano superato, per la relativa qualifica, le prove richieste dalla UNI 4634-60.

La preparazione dei lembi sia nel caso di ossitaglio sia nel caso di taglio al plasma deve essere seguita con rifinitura mediante molatura per eliminazione della zona decarburata. Nel caso in cui, per effetto dello spessore e del tipo di materiale, si possano prevedere effetti di tempra sulla superficie di taglio, deve essere effettuato il preriscaldamento del materiale alla medesima temperatura prevista dal procedimento di saldatura.

Per il controllo di preparazione delle saldature si applicano le prescrizioni seguenti.

Su tutti i lembi da saldare deve essere eseguito un controllo visivo al fine di accertare lo stato delle superfici, l'assenza di difetti affioranti e la corretta pulizia. Eventuali discontinuità riscontrate sul cianfrino sono accettate o riparate mediante molatura o mediante molatura e saldatura, in accordo con la DL strutturale.

È eseguito un controllo dimensionale di tutti i cianfrini al fine di accertarne la conformità ai requisiti dei disegni costruttivi.

I lembi destinati a essere saldati in cantiere devono essere protetti con inibitori contro la corrosione. Questi prodotti devono essere applicati in officina ed essere idonei al futuro procedimento di saldatura.

Le dimensioni dei cordoni d'angolo devono rispettare le prescrizioni contenute nella normativa vigente e avere gola minima pari a 0,7-0,8 volte lo spessore minimo di accoppiamento. I cordoni devono essere continui su tutta la lunghezza a disposizione per la saldatura; saldature a tratti possono essere fatte solo su lunghezze molto rilevanti.

Le saldature finite devono risultare di sezione costante, continue, esenti da fessurazioni, solchi ai bordi del cordone, inclusioni di particelle eterogenee, soffiature per bolle gas, incollature per sovrapposizioni fredde, frastagliature, sfioriture, punture di spillo, tracce di ossidazione e altre irregolarità e difetti.

I bordi dei profilati a contatto non devono risultare, a saldatura ultimata, frastagliati o bruciati per eccesso di corrente. Per saldature a più passate si deve aver cura tra una passata e l'altra di asportare totalmente le scorie a mezzo di picchettatura e brossatura con spazzola metallica.

Per il controllo delle saldature si applicano le prescrizioni della norma EN 1090-2 e EN ISO 3834 (in funzione della classe di qualità scelta per i diversi giunti).

Vanno comunque eseguiti i controlli elencati di seguito:

- Controllo visivo eseguito sul 100% delle giunzioni saldate con lo scopo di rilevare eventuali difetti di profilo e irregolarità superficiali;
- Controllo dimensionale da eseguire sul 20% dello sviluppo di ciascuna saldatura d'angolo al fine di accertare la corretta geometria e il rispetto delle tolleranze dimensionali;

Controllo magnetoscopico sull'intero sviluppo delle saldature a piena penetrazione; le altre saldature, qualunque sia il procedimento impiegato, devono essere sottoposte al controllo magnetoscopico per una estensione non inferiore al 10% del loro sviluppo.

### 6.13.3 Bullonature

Effettuare tutti i collegamenti bullonati in conformità con quanto disposto dalle NTC §11.3.4.6 e dalla EN 1090-2, impiegando bulloni con un diametro minimo di 12 mm, salvo dove diversamente indicato sugli elaborati.

Eseguire i fori rispettando le prescrizioni della norma EN 1090-2.

I bulloni necessari all'assemblaggio delle varie parti devono potersi infilare senza difficoltà e devono pervenire in cantiere in appositi contenitori; la relativa documentazione e l'etichetta della scatola devono essere conservate e date all'ufficio di DL per la tracciabilità e la qualifica dei prodotti.

Le unioni con bulloni devono essere eseguite previa perfetta pulizia (in particolare devono risultare prive di olio, vernice, scaglie di laminazione, macchie di grasso) delle superfici di combaciamento mediante sgrassaggio, fiammatura o sabbiatura a metallo bianco.

Per il serraggio dei bulloni si devono usare chiavi dinamometriche a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata; tutte comunque devono essere tali da garantire una precisione non minore del 5% ed essere accompagnate dal relativo certificato di taratura in corso di validità.

Per le bullonature degli elementi strutturali in acciaio devono essere rispettate le disposizioni della normativa vigente. Il serraggio dei bulloni deve essere eseguito secondo le prescrizioni della EN 1090-2. Deve essere controllato il valore di serraggio di almeno il 20% dei bulloni di ogni giunto; tale controllo deve riguardare comunque non meno di due bulloni per giunto. Se in un giunto anche un solo bullone non risponderà alle prescrizioni circa il serraggio, tutti i bulloni dei giunti devono essere controllati.

Modalità di serraggio per bulloni da precarico (secondo EN 14399):

- 1) Coppia di avvitamento iniziale
- 2) Angolo di rotazione finale

Modalità di serraggio per bulloni non adatti a precarico (secondo EN 15048):

- 1) Le parti da collegare devono essere posizionate in contatto stabile;
- 2) Ciascun assieme bullonato deve essere serrato raggiungendo le condizioni di “*snug-tight*” (condizione di serraggio raggiungibile mediante l'impegno di un uomo che usi una chiave di manovra normale senza nessuna estensione del braccio e corrisponde al punto in cui una chiave a impulsi inizia a “martellare”);
- 3) Una particolare cura deve essere posta nell'evitare sovra-serraggi, specialmente nel caso di viti corte e M12;
- 4) La procedura di serraggio fino alle condizioni di “*snug-tight*” deve essere eseguita partendo dalle parti più rigide della giunzione, muovendosi progressivamente verso le parti meno rigide;
- 5) Per raggiungere una condizione di serraggio uniforme possono essere necessari più cicli di avvitamento;
- 6) La vite deve sporgere con almeno un filetto completo dalla faccia non appoggiata del dado.

I giunti ad attrito devono essere accuratamente protetti non appena completato il serraggio definitivo, verniciando i bordi dei pezzi a contatto, le rosette, la testa ed il dado dei bulloni, in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno del giunto.

Tutti i bulloni che hanno ricevuto il serraggio definitivo devono essere opportunamente contrassegnati onde evitare eventuali omissioni e per individuare l'esatta posizione raggiunta dal dado.

Quando negli accoppiamenti bullonati si rendesse necessario l'inserimento di spessoramenti, il fornitore deve darne avviso alla DL per la necessaria approvazione.

In particolare, si devono rispettare le seguenti prescrizioni:

- Viti classe 8.8
- Dadi classe 6.S e classe 8.G
- Rosette acciaio C50
- Piastrine acciaio C50
- I bulloni devono essere montati con una rosetta sotto la testa della vite e una rosetta sotto il dado.

- I bulloni dovranno essere contrassegnati con le indicazioni del produttore e la classe di resistenza.
- I bulloni disposti verticalmente avranno la testa della vite rivolta verso l'alto e il dado verso il basso.
- Fori calibrati secondo EN 1090-2
- Il materiale di spessoramento deve avere le stesse caratteristiche di quello usato per le strutture;
- Lo spessore e le dimensioni devono essere tali da rendere sufficiente la diffusione degli sforzi e garantire la tenuta dell'accoppiamento;
- La sigillatura delle piastre delle colonne deve essere eseguita con malta antiritiro (detta "espansiva") per tutto lo spessore di completamento dopo il controllo della planarità, delle quote in elevazione e della verticalità.

#### 6.13.4 Lavorazioni

Tutte le lavorazioni devono essere eseguite in conformità con le disposizioni delle NTC e dell'a UNI EN 1090-2.

Non sono ammessi fori eseguiti con mezzi termici né in officina né in cantiere.

Asportare tutte le sbavature e gli spigoli taglienti mediante molatura.

Preparare disegni di marcatura e marcare tutti gli elementi in modo da indicare la posizione di montaggio.

Effettuare montaggi provvisori in officina per quanto necessario ad assicurare un corretto ed agevole montaggio in opera.

Prima di iniziare i montaggi deve essere eseguita una accurata ispezione delle predisposizioni nelle opere in cemento armato e nei piani di appoggio per controllare allineamenti e livelli.

Durante i montaggi sono previste opportune controventature di montaggio atte a garantire una completa stabilità dell'opera durante la costruzione.

#### 6.13.5 Tolleranze di fabbricazione e montaggio

Eseguire i montaggi nel rispetto delle seguenti TOLLERANZE:

Posizione del primo elemento eretto:		+/- 5 mm;
Dimensioni lineari:	fino a 15 m:	+/- 10 mm;
	da 15 a 30 m:	+/- 15 mm;
	oltre 30 m:	+/- 20 mm;
Piombo delle colonne:		1 per mille;
Livello piastra di base della prima colonna eretta:		+/- 5 mm;
Livello trave al collegamento con la colonna:		+/- 10 mm;
Differenza di livello fra i terminali di una trave:		+/- 10 mm.

Tutto il materiale lavorato e le parti pre-montate devono essere adeguatamente conservate e poi protette in fase di trasporto.

Immediatamente dopo il montaggio si deve procedere alla riparazione delle protezioni superficiali danneggiate.

A integrazione di quanto scritto ai punti precedenti si precisa che i numeri di posizione e i pesi devono comparire sulle bolle di consegna per la spedizione.

#### 6.13.6 Trasporto

Tutto il materiale lavorato e le parti premontate devono essere adeguatamente conservati e poi protetti in fase di trasporto.

A integrazione di quanto scritto ai punti precedenti si precisa che i numeri di posizione e i pesi devono comparire sulle bolle di consegna per la spedizione.

#### 6.13.7 Montaggio in cantiere

Nel montaggio in cantiere delle strutture metalliche devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- Prima di iniziare i montaggi ispezionare le predisposizioni nelle opere in cemento armato/murature e nei piani di appoggio per controllare allineamenti e livelli.
- Confermare l'accettazione delle opere alla DL strutturale.

- Non distorcere la struttura in acciaio e non superare i limiti di resistenza previsti per i componenti; se durante il montaggio emergono difetti o si verificano anomalie, le modalità delle riparazioni devono di volta in volta essere rese note alla Direzione Lavori.
- Fornire tutte le controventature di montaggio necessarie a garantire una completa stabilità dell'opera durante la costruzione.
- Riempire le cassette di ancoraggio e sigillare lo spazio sotto le piastre di appoggio con malte e betoncini antiritiro di tipo approvato (vedere paragrafo “Malte cementizie”).

### 6.13.8 Protezioni superficiali

Nel seguito si descrivono i trattamenti protettivi da prevedersi in officina e da completarsi in opera per le parti saldate e protette con antiruggine.

Le superfici dei semilavorati devono essere già protette in officina con ciclo di sabbiatura e mano di primer monocomponente alchidico al fosfato di zinco con spessore film secco 75 micron oppure con zincatura per immersione a caldo con quantità minima di zinco di 500g/m<sup>2</sup> per profilati e larghi piatti, di 375g/m<sup>2</sup> per dadi e bulloni.

#### 6.13.8.1 Generalità

Prima di effettuare la protezione superficiale (e successivamente ad essa) asportare tutte le sbavature e gli spigoli taglienti mediante molatura, con particolare attenzione per tutte le parti che devono essere a diretto contatto con i fruitori del manufatto.

#### 6.13.8.2 Antiruggine

Applicazione di due mani di antiruggine al fosfato di zinco (tipo RUBBOL METAL della SIKKENS o equivalente), previa preparazione della superficie, avente le seguenti caratteristiche generali:

- A base di resine alchidiche e di fosfato di zinco come pigmento inibitore di corrosione.
- Residuo secco: in volume circa 59,8%
- P.V.C.: 54,4%
- Spessore medio del film essiccato: circa 50 microns
- Brillantezza: 21 gloss a 60°
- Peso specifico medio: 1,660 kg/l

La prima applicazione viene data in officina, con l'attenzione di tralasciare le zone eventualmente da saldare in opera (previa autorizzazione DL). Dopo i processi di saldatura e i controlli, si provvede a finire in opera la prima mano di antiruggine. A seguire, secondo indicazioni delle schede tecniche di prodotto, si procede all'applicazione della seconda mano.

Elementi da trattare: tutti quelli non previsti con il trattamento di zincatura a caldo.

#### 6.13.8.3 Zincatura a caldo

Zincatura per immersione a caldo secondo UNI EN 1179:1997.

Quantità minima di zinco:                   500 g/m<sup>2</sup> per profilati e larghi piatti;  
   375 g/m<sup>2</sup> per dadi e bulloni.

Elementi da trattare: come indicato sui disegni di progetto (ed in generale, per esempio, tutti i grigliati e le scalette di servizio).

Nel caso di imperfezioni o danneggiamenti della zincatura a caldo si provvederà ad un ripristino con ripresa di zincante inorganico a solvente, spessore film secco 70 micron.

Applicazione a spruzzo convenzionale o airless.

Preparazione della superficie: sabbiatura a metallo bianco Sa 3 secondo SSPC-SP5.

La zincatura deve essere preceduta dalla preparazione delle superfici consistente in:

- Sgrassaggio;
- Lavaggio;
- Decapaggio;
- Lavaggio;
- Flussaggio;

- Essiccamento.

Lo zinco da impiegare nel bagno deve essere almeno di qualità Zn 99.9 secondo UNI 2013/74.

Lo strato di zinco deve presentarsi uniforme ed esente da incrinature, scaglie, scorie ed analoghi difetti. Esso deve aderire tenacemente alla superficie del metallo base.

Il controllo deve essere effettuato in base alla CEI 7-6.

Sulle parti filettate, dopo la zincatura, non si devono effettuare ulteriori operazioni di finitura a mezzo utensile ad eccezione della filettatura dei dadi che dopo la zincatura devono potersi avvitare agevolmente ai rispettivi bulloni. Rosette elastiche, spinotti, colletti filettati e bulloni non devono aver subito deformazioni od alterazioni delle loro caratteristiche meccaniche.

I profilati formati a freddo devono rispondere alle istruzioni UNI 10162; per le lamiere grecate si prevede acciaio almeno tipo S250GD; la superficie delle lamiere, quando in vista, deve essere preverniciata.

La zincatura a caldo da eseguire secondo le norme UNI viene compensata sul peso degli elementi di carpenteria metallica da proteggere con zincatura. Il peso deve essere valutato secondo le dimensioni dell'elemento da posare in opera.

### 6.13.9 Controlli obbligatori per gli acciai da costruzione

In ottemperanza alle NTC si prevedono tre forme di controllo obbligatorie per tutti gli acciai, siano essi destinati ad utilizzo come armature per cemento armato ordinario o precompresso o ad utilizzo diretto come carpenterie in strutture metalliche:

- In stabilimento di produzione, da eseguirsi sui lotti di produzione;
- Nei centri di trasformazione, da eseguirsi sulle forniture;
- Di accettazione in cantiere, da eseguirsi sui lotti di spedizione.

A tale riguardo si definiscono:

- Lotti di produzione: si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (rotolo finito, bobina di trefolo, fascio di barre, ecc.). Un lotto di produzione deve avere valori delle grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) e può essere compreso tra 30 e 120 tonnellate.
- Forniture: sono lotti formati da massimo 90 t, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.
- Lotti di spedizione: sono lotti formati da massimo 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.

### 6.13.10 Controlli di produzione in stabilimento e procedure di qualificazione

Tutti gli acciai devono essere prodotti con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione.

Fatto salvo quanto disposto dalle norme europee armonizzate, ove applicabili, il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021.

Ai fini della certificazione del sistema di gestione della qualità del processo produttivo il produttore e l'organismo di certificazione di processo possono fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme disponibili UNI EN 10080, della serie UNI EN 10025, UNI EN 10210 e UNI EN 10219.

Quando non sia applicabile la marcatura CE, ai sensi del Regolamento (EU) n.305/2011, la valutazione della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito è effettuata attraverso apposita procedura dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici di qualificazione (organismo abilitato al rilascio dell'attestato di qualificazione per gli acciai) che verificato il possesso dei requisiti, rilascia al Produttore un Attestato di Qualificazione con validità 5 (cinque) anni con obbligo di verifica semestrale.

Al termine del periodo di validità di 5 (cinque) anni dell'Attestato di Qualificazione il Produttore deve chiedere il rinnovo; il Servizio Tecnico Centrale, valutata anche la conformità relativa all'intera documentazione fornita nei 5 (cinque) anni precedenti, rinnoverà la qualificazione.

### 6.13.11 CAM

Devono essere utilizzati acciai prodotti con un contenuto minimo di materiale riciclato come di seguito specificato in base al tipo di processo industriale:

- Acciaio da forno elettrico: contenuto minimo di materiale riciclato pari al 70%;
- Acciaio da ciclo integrale: contenuto minimo di materiale riciclato pari al 10%.

L'appaltatore deve accertarsi della rispondenza al criterio. La percentuale di materia riciclata deve essere dimostrata tramite una delle seguenti opzioni:

- una dichiarazione ambientale di Tipo III, conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato come ReMade in Italy® o equivalenti;
- una autodichiarazione ambientale di Tipo II conforme alla norma ISO 14021, verificata da un organismo di valutazione della conformità.

Tali dichiarazioni dovranno essere preventivamente sottoposte alla DL per l'accettazione.

### 6.13.12 Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità. La mancata marchiatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile. Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento che in cantiere o nel luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso. In tal caso il materiale non può essere utilizzato ed il Laboratorio incaricato è tenuto ad informare di ciò il Servizio Tecnico Centrale.

### 6.13.13 Forniture e documenti di accompagnamento

Tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale.

Il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

L'Appaltatore è tenuto a dare evidenza al Direttore dei Lavori prima della messa in opera, di quanto sopra indicato. Le eventuali forniture non conformi saranno rifiutate.

### 6.13.14 Prove di qualificazione e verifiche periodiche della qualità

I laboratori incaricati, di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001, devono operare secondo uno specifico piano di qualità approvato dal Servizio Tecnico Centrale.

I certificati di prova emessi devono essere uniformati ad un modello standard elaborato dal Servizio Tecnico Centrale. I relativi certificati devono contenere almeno:

- L'identificazione dell'azienda produttrice e dello stabilimento di produzione;
- L'indicazione del tipo di prodotto e della eventuale dichiarata saldabilità;
- Il marchio di identificazione del prodotto depositato presso il Servizio Tecnico Centrale;
- Gli estremi dell'attestato di qualificazione nonché l'ultimo attestato di conferma della qualificazione (per le sole verifiche periodiche della qualità);
- La data del prelievo, il luogo di effettuazione delle prove e la data di emissione del certificato;

- Le dimensioni nominali ed effettive del prodotto ed i risultati delle prove eseguite;
- L'analisi chimica per i prodotti dichiarati saldabili (o comunque utilizzati per la fabbricazione di prodotti finiti elettrosaldati);
- Le elaborazioni statistiche previste nei §§: 11.3.2.11, 11.3.2.12, 11.3.3.5 e 11.3.4.10 del D.M. 17/01/2018

I prelievi in stabilimento sono effettuati, ove possibile, dalla linea di produzione. Le prove possono essere effettuate dai tecnici del laboratorio incaricato, anche presso lo stabilimento del produttore, qualora le attrezzature utilizzate siano tarate e la loro idoneità sia accertata e documentata. Di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione nel rapporto di prova nel quale deve essere presente la dichiarazione del rappresentante del laboratorio incaricato relativa all'idoneità delle attrezzature utilizzate. In caso di risultato negativo delle prove il Produttore deve individuare le cause e apportare le opportune azioni correttive, dandone comunicazione al Laboratorio incaricato e successivamente ripetere le prove di verifica. Le specifiche per l'effettuazione delle prove di qualificazione e delle verifiche periodiche della qualità, ivi compresa la cadenza temporale dei controlli stessi, sono riportate rispettivamente nei seguenti paragrafi del D.M. 17.01.2018:

- § 11.3.2.11, per acciai per cemento armato in barre o rotoli;
- § 11.3.2.12, per acciai per reti e tralicci elettrosaldati;
- § 11.3.3.5, per acciai per cemento armato precompresso;
- § 11.3.4.11, per acciai per carpenterie metalliche.

#### 6.13.15 Centri di trasformazione

Si definisce Centro di Trasformazione un impianto esterno alla fabbrica e/o al cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere, pronti per la messa in opera o per successive lavorazioni. Il Centro di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dalla documentazione di qualità prevista.

Il trasformatore deve dotarsi di un sistema di controllo della lavorazione allo scopo di assicurare che le lavorazioni effettuate non comportino alterazioni tali da compromettere le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti originari previste dalle presenti norme. Il sistema di gestione della qualità del prodotto, che sovrintende al processo di trasformazione, deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021.

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore devono essere accompagnati da idonea documentazione, specificata nel seguito, che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso.

Ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata:

- a) da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- b) dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il Direttore dei Lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra può seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

L'Appaltatore è tenuto a dare evidenza al Direttore dei Lavori di quanto sopra indicato. Le eventuali forniture non conformi saranno rifiutate, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione. Della documentazione di cui sopra deve prendere atto il collaudatore, che riporterà, nel Certificato di collaudo, gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito l'eventuale materiale lavorato.

#### 6.13.16 Controlli di accettazione in cantiere

I controlli in cantiere sono obbligatori e sono eseguiti effettuando:

- Elementi di carpenteria metallica un prelievo di almeno 3 prove e almeno 3 per ogni 90 t;

- Lamiere grecate e profili formati a freddo un prelievo di almeno 3 prove e almeno 3 per ogni 15 t;
- Bulloni e chiodi un prelievo di almeno 3 prove e almeno 3 per ogni 1500 pezzi;

Le prove devono essere eseguite presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e riportare i corrispondenti valori minimi di:

- Tensione di rottura (fpt): la determinazione si effettua per mezzo della prova a trazione su barre secondo le norme UNI EN 10002-1:2004, su fili trecce e trefoli secondo UNI EN ISO 15630-3:2004.
- Tensione di snervamento (fpy): il valore della tensione di snervamento fpy si ricava dal corrispondente diagramma sforzi-deformazioni ottenuto con la prova a trazione eseguita secondo la norma UNI EN ISO 15630 - 3:2004. Esso deve risultare compreso tra lo 85% ed il 95% del corrispondente valore della tensione di rottura fpt.
- Limite elastico allo 0,1% (fp(0,1)): il valore del limite convenzionale fp(0,1) si ricava dal corrispondente diagramma sforzi-deformazioni, ottenuto con prove a trazione eseguite secondo la norma UNI EN 15630-3:2004. I singoli valori unitari sono riferiti alle corrispondenti sezioni nominali. Il valore del limite 0,1% deve risultare compreso tra l'85% ed il 95% del corrispondente valore della tensione di rottura fpt.
- Tensione all'1% (fp(1)): la tensione corrispondente all'1% di deformazione totale deve risultare compresa tra l'85% ed il 95% del corrispondente valore della tensione di rottura fpt.

I risultati delle prove sono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se nessuno dei valori minimi sopra indicati è inferiore ai corrispondenti valori caratteristici garantiti dal produttore. Nel caso che anche uno solo dei valori minimi suddetti non rispetti la corrispondente condizione, vengono eseguite prove supplementari soggette a valutazioni statistiche come indicato nelle NTC al § 11.3.4.11.3. L'ulteriore risultato negativo comporta l'inidoneità della partita e la trasmissione dei risultati al produttore, che è tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione. In tal caso il Direttore tecnico del centro di trasformazione deve comunicare il risultato anomalo sia al laboratorio incaricato del controllo che al Servizio Tecnico Centrale.

## 6.14 Micropali

Si definiscono micropali i pali trivellati di fondazione aventi diametro non maggiore di 250mm con fusto costituito da malta di cemento iniettata in opera e da idonea armatura di acciaio. Nell'appalto in oggetto è prescritto l'utilizzo di iniezioni ripetute ad alta pressione.

### 6.14.1 Caratteristiche tecniche

Per la formazione della berlinese con micropali occorre utilizzare prodotti con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Acciaio per micropali: S355J0
- $E = 206 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$
- $f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$
- $f_{yd} = 338 \text{ N/mm}^2$  (resistenza delle sezioni di classe 1-2-3-4)
- $f_{yd} = 284 \text{ N/mm}^2$  (resistenza delle sezioni tese indebolite dai fori)

Dimensioni:

Berlinese di micropali  $\varnothing 159\text{mm}$  - sp.10mm lunghezza 12,00m

Tiranti 30ton, passo 3,0m, lunghezza (7,0+8,0) m, quota -2,0m con trave HEA240

### 6.14.2 Tolleranze geometriche

Le tolleranze ammesse sono le seguenti: la posizione planimetrica non deve discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, la deviazione dell'asse del micropalo rispetto all'asse di progetto non deve essere maggiore del 2%, la sezione dell'armatura metallica non deve risultare inferiore a quella di progetto, il diametro dell'utensile di perforazione deve risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto. Ogni micropalo che risultasse non conforme alle tolleranze qui stabilite deve essere idoneamente sostituito, a cura e spese dell'impresa.

### 6.14.3 Preparazione del piano di lavoro, tracciamento

L'impresa avrà cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che, se incontrati durante la perforazione, possono recare danno alle maestranze di cantiere o a terzi. Prima di iniziare la perforazione si deve, a cura ed onere dell'impresa, individuare sul terreno la posizione dei micropali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza di ciascun palo. Su ciascun picchetto deve essere riportato il numero progressivo del micropalo quale risulta dalla pianta della palificata. Tale pianta, redatta e presentata alla DL dall'impresa esecutrice, deve indicare la posizione planimetrica di tutti i micropali, inclusi quelli di prova, contrassegnati con numero progressivo.

### 6.14.4 Perforazione

La perforazione deve essere in generale condotta con modalità e utensili tali da consentire la regolarità delle successive operazioni di getto; in particolare deve essere minimizzato il disturbo del terreno nell'incontro del foro. La perforazione è eseguita con rivestimento provvisorio, a secco o con circolazione d'acqua in funzione dell'attitudine delle formazioni attraversate a mantenere stabili le pareti del foro. In caso di perforazione sottofalda in terreni con strati o frazioni incoerenti medio - fini (sabbie, sabbie e limi) essa non deve essere eseguita con circolazione d'aria, per evitare il violento emungimento della falda a seguito dell'effetto eiettore e il conseguente dilavamento del terreno. Al termine della perforazione il foro deve essere accuratamente sgombrato dai detriti azionando il fluido di circolazione o l'utensile asportatore, senza operare con l'utensile disgregatore. L'ordine di esecuzione dei pali nell'ambito di ciascun gruppo deve assicurare la non interferenza delle perforazioni con fori in corso di iniezione o in attesa di riempimento, ove occorra anche spostando la perforatrice su gruppi contigui prima di ultimare la perforazione dei micropali del gruppo di lavorazione.

### 6.14.5 Confezione e posa delle armature

Le armature metalliche devono essere, in ogni caso, estese a tutta la lunghezza del micropalo. Per le armature tubolari si useranno tubi di acciaio S355J0 (Fe 510 grado C) senza saldatura longitudinale. Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo possono essere ottenute mediante manicotti filettati o saldati. I tubi di armatura dotati di valvole per l'iniezione devono essere scovolati internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta, allo scopo di asportare trucioli e sbavature lasciati dal trapano. Le valvole devono essere costituite da manicotti di gomma di spessore minimo 3.5 mm aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili d'acciaio (diametro 4 mm saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto).

La valvola più bassa è posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo. Anche le armature tubolari devono essere dotate di distanziatori per assicurare un copriferro minimo di 3.5÷4.0 cm, posizionati sui manicotti di giunzione.

### 6.14.6 Formazione del fusto del micropalo

La formazione del fusto deve iniziare in una fase immediatamente successiva alla perforazione di ciascun palo. In caso contrario la perforatrice resterà in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro e provvederà quindi alla pulizia del perforo, subito prima che inizino le operazioni di posa delle armature e di getto della malta. In ogni caso non deve trascorrere più di un'ora tra il termine della perforazione e l'inizio del getto della malta.

### 6.14.7 Collegamento dei micropali alla fondazione

Per garantire la trasmissione dei carichi complessivi gravanti sulla fondazione, ai micropali devono essere previsti i seguenti interventi (con ogni onere e spesa a carico dell'Appaltatore):

- Predisposizione di armature di collegamento saldate sulle teste dei micropali;
- Predisposizione dell'armatura integrativa del plinto di fondazione e della piastra;
- Esecuzione del getto di calcestruzzo.

### 6.14.8 Controllo qualità dei micropali

Le tolleranze geometriche prescritte vengono controllate in contraddittorio.

La profondità dei perfori, da valutare rispetto alla quota lavoro, verrà verificata in doppio modo:

- In base alla lunghezza delle aste di perforazione immerse nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;

- In base alla lunghezza dell'armatura. La differenza tra le due misure deve risultare < 0.10 m; in caso contrario occorre procedere alla pulizia del fondo del foro, asportandone i detriti accumulatosi dopo aver estratto l'armatura.

In corso di iniezione si preleverà un campione di miscela per ogni micropalo, sul quale si determinerà il peso specifico e la decantazione (Bleeding), mediante buretta graduata di diametro Ø 30mm.

Il peso specifico deve risultare pari ad almeno il 90% di quello teorico, calcolato assumendo 3 g/cm<sup>3</sup> il peso del cemento e 2.65 g/cm<sup>3</sup> quello degli inerti, nell'ipotesi che non venga inclusa aria.

Nelle prove di decantazione l'acqua separata in 24 ore non deve superare il 3% di volume. Con il campione di miscela devono essere altresì confezionati cubetti di 7 o 10 cm di lato da sottoporre a prove di resistenza cubica a compressione, nella misura di almeno un controllo (6 cubetti) per ogni 100m<sup>3</sup> di getto o frazione.

Le modalità di prova devono essere conformi alle normative vigenti e alle indicazioni di progetto.

L'esecuzione di ogni singolo micropalo è documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa di un'apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- Identificazione del micropalo;
- Data di inizio perforazione e termine del getto (o iniezione);
- Profondità effettiva raggiunta dalla perforazione (vedi sopra);
- Profondità del foro all'atto della posa dell'armatura (vedi sopra);
- Quantità di miscela iniettata per ogni fase ripetuta;
- Pressione e tempo di iniezione.

L'Appaltatore deve inoltre sottoporre a prove di laboratorio ufficiale, con relativa certificazione:

- I cubi di miscela prelevati per il controllo;
- Le provette di acciaio S355J0 (Fe 510 grado C) utilizzato per l'armatura tubolare dei micropali.

La DL preleverà in cantiere e marcherà gli spezzoni di tubo prelevati. A tal fine l'Impresa deve reintegrare gli spezzoni di tubo prelevati dalla DL.

## 6.15 Murature

Per la realizzazione di nuove murature in mattoni pieni, si prevede l'utilizzo di materiali (malta e laterizi) con caratteristiche identiche a quelle esistenti. Per la nuova muratura, in riferimento alla tabella 11.10.VI delle NTC, si richiede

$$f_k = 8,0 \text{ N/mm}^2$$

Le prescrizioni richieste possono ottenersi con caratteristiche di muratura realizzata con i seguenti componenti.

### 6.15.1 Malta

Malta equivalente al tipo M10-M15 con formulazione speciale della composizione che escluda tassativamente componenti a base cementizia.

### 6.15.2 Laterizi

Elementi pieni in laterizio, secondo UNI EN 771, con resistenza caratteristica a compressione  $f_{bk} = 20 \text{ N/mm}^2$  (di essi deve essere fornita preliminarmente certificazione di prodotto).

## 7 REQUISITI E PRESTAZIONI ANTINCENDIO DELLE STRUTTURE

I requisiti di resistenza al fuoco, definiti compiutamente negli elaborati del progetto antincendio al quale si rimanda per i dettagli, sono riassunti nelle tabelle esposte nel seguito.

Le valutazioni in termini di requisiti sono state determinate sia attraverso la valutazione delle caratteristiche di resistenza al fuoco ricorrendo alla curva nominale d'incendio e commisurando la prestazione R REI richiesta sia con riferimento alle indicazioni della RTV specifica sia ricorrendo alla valutazione della stessa prestazione con riferimento alla curva d'incendio naturale, circostanza quest'ultima utile con riferimento alla parte della struttura dell'edificio esistente e vincolata

Le caratteristiche indicate, sono ottenibili con:

- protezione passiva diretta affidata cioè in toto alla membratura stessa definendo minime dimensioni degli elementi, ricoprimenti, disposizioni delle armature;

- protezione passiva indiretta utilizzando cioè elementi aggiuntivi quali intonaci isolanti, vernici intumescenti.

La verifica della resistenza al fuoco delle strutture ha come riferimento il Decreto Ministero dell'Interno 16 febbraio 2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione".

### 7.1 Prescrizioni di progetto

Protezione Strutture in calcestruzzo esistenti.				
Struttura	Requisito R	Caratteristiche in progetto	Valore di norma (mm)	Prescrizioni minime
Strutture esistenti Da quota +0.32m	30	-	-	Verifica con curva d'incendio naturale.
Pilastri nei muri separanti da altre proprietà	120	b = 500 mm a = 15mm Rivestiti in laterizio	b=350 a=50	Protezione passiva mediante applicazione finiture EI 120 (si rimanda al DDP edile).
Strutture verticali fondo storico	240	b = 500 mm a = 15mm Rivestiti in laterizio	-	Protezione passiva mediante finiture EI 240 (si rimanda al DDP edile)
Strutture orizzontali fondo storico	240	b = 160 mm a = 5 mm	b = 240 mm a = 65 mm	Protezione passiva mediante finiture EI 240 (si rimanda al DDP edile) <sup>3</sup>
Strutture manica Sottsass	60	varie	-	Protezione passiva mediante applicazione finiture EI 60 (si rimanda al DDP edile).

Nuova Strutture interrata in c.a.o.					
Struttura	Requisito R	Requisito REI	Caratteristiche in progetto (mm)	Valore di norma (mm)	Prescrizioni minime
Setti	60	60	s=200 a=25	s=140 a=10	Protezione passiva indiretta mediante copriferro
Pilastri	60	60	b=400 a=30+intonaco 10mm	b=350 a=40	Protezione passiva indiretta mediante copriferro
Solaio	60	60	H=500 a=35	H=120 a=20	Protezione passiva indiretta mediante copriferro

Protezione Strutture in acciaio.				
Struttura	Requisito R	Caratteristiche in progetto	Valore di norma (mm)	Prescrizioni minime
Telaio zona archivio storico	240	S/V varie	-	Protezione passiva mediante applicazione di pannelli EI 240
Gradonate balconata interna	30	S/V varie	-	Protezione passiva mediante applicazione di vernice intumescente.

- <sup>3</sup> Si prevede la realizzazione di un telaio metallico, al di sotto del solaio e tra le travi principali parallele a c.so Massimo, al quale appendere gli impianti e un controsoffitto certificato REI240.

## 8 INTERVENTI SULLE STRUTTURE ESISTENTI

### 8.1 Rinforzo volta ondulata

Sugli elementi della volta sono previsti un intervento di rinforzo/ripristino in estradosso e un intervento in intradosso di impregnazione per ridurre la porosità del supporto e proteggere le componenti di armatura del ferrocemento da fenomeni di ossidazione.

#### 8.1.1 Intervento in estradosso

Rinforzo e miglioramento strutturale della volta ondulata in ferrocemento con realizzazione di rinforzo estradosso diffuso con rete in fibra naturale di basalto.

Il rinforzo è concepito per garantire il ripristino e l'integrazione delle armature degli elementi prefabbricati e della parte in getto degli archi della volta, non ispezionabili senza operazioni eccessivamente invasive in rapporto alla dimensione degli elementi stessi, che dalla realizzazione possono aver subito corrosione o danneggiamenti, conseguenti all'installazione di tasselli ed elementi vari, dall'epoca di realizzazione ad oggi, e non per una carenza accertata in termini di sicurezza.

Si predilige quindi l'utilizzo della fibra di basalto per l'equivalenza di prestazione in termini di resistenza e per la stabilità della fibra alle aggressioni chimiche ed atmosferiche cui potrebbe essere soggetto il composito in relazione al requisito di ispezionabilità nel tempo, venendo il rinforzo a essere coperto dagli strati di coibentazione e finitura edili. Stante l'aggiornamento delle modalità di certificazione dei compositi, l'abbinamento della fibra e della matrice nel composito fibrorinforzato è comunque opportuno sia oggetto di qualificazione con dei test su campioni ai sensi dell'art. 5 del Regolamento UE 305/2011.

##### 8.1.1.1 Prescrizioni

Provvedere alla cauta rimozione delle guaine impermeabilizzanti avendo cura di preservare gli elementi esistenti (ferrocemento e getti integrativi). Si trattano quindi le superfici rimuovendo eventuali parti inconsistenti o incoerenti di cemento esistente ammalorato, avendo cura di aspirare le polveri dal supporto ed eseguire idrolavaggio a bassa pressione di tutte le superfici interessate. In caso di necessità sarà opportuno provvedere alla riprofilatura della sezione delle nervature, in particolare delle "ali a L" al di sopra delle forometrie dei serramenti, che risultassero eventualmente danneggiate, mediante ripristino monolitico delle sezioni in c.a., previo trattamento delle armature, con malta strutturale a base cementizia, tixotropica (§6.7.1). L'intervento di rinforzo procede quindi con le seguenti fasi:

- 1) preparazione del supporto avendo cura di garantire la sufficiente asperità di almeno 5 mm, provvedendo a pulitura e inumidendo il supporto;
- 2) eventuale applicazione di una mano di primer secondo l'indicazione della scheda tecnica del prodotto sottoposto all'approvazione;
- 3) applicazione del primo strato di malta garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 3-5 mm) per applicare ed inglobare il tessuto di rinforzo;
- 4) con malta ancora fresca, procedere alla posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato (§6.10);
- 5) eventuale inserimento di diatoni realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, previa: realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensioni idonee alla natura del successivo connettore, confezionamento del connettore mediante taglio, "sfocchettatura" e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di malta colabile o matrice minerale epossidica, fissaggio con tasselli a scomparsa, in polipropilene armato con fibra di vetro;
- 6) eventuale ripetizione delle fasi 3) e 4) per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto.

#### 8.1.2 Intervento in intradosso

La durabilità è un tema generale che riguarda le strutture in calcestruzzo armato esistenti, caratterizzate da calcestruzzi più o meno porosi ma soprattutto con scarsi copriferri, quali gli elementi in ferrocemento costituenti la volta.

La consapevolezza dell'esistenza di alcune zone nelle quali è risultato evidente la presenza di acqua (resta da accertare per ogni caso se ingresso esterno o condensa) e il conseguente sviluppo di fenomeni di ossidazione e corrosione delle armature, combinate alla generale modifica ambientale (temperatura e umidità), continuativa e non più per brevi periodi d'uso, che deriva dalla nuova destinazione d'uso, impongono una profonda riflessione sul tema della durabilità, in particolar modo quindi riguardo alle strutture in ferrocemento, estremamente sensibili nei confronti di tale requisito.

Risulta pertanto opportuno intervenire con applicazioni di film protettivi impermeabilizzanti.

#### 8.1.2.1 Prescrizioni

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi:

- 1) procedere con una leggera battitura delle pareti del concio per identificare aree di distacco dell'intonaco e di lesioni dell'elemento in ferrocemento;
- 2) identificata un'area di ammalorato, si procede con cauta rimozione dell'intonaco e della malta nella zona ammalorata, provvedendo a preservare le componenti metalliche dell'armatura. Le demolizioni devono essere fatte a mano da operaio specializzato;
- 3) procedere con la pulitura delle reti metalliche esposte con spazzolatura meccanica a mano;
- 4) applicare il trattamento protettivo delle reti d'armatura in vista mediante applicazione a pennello di una malta polimero-cemento (EN 1504-7);
- 5) l'armatura perduta per la corrosione deve essere reintegrata con un nuovo strato di rete, con diametro e passo idonei, simili all'armatura pre-esistente, per ripristinarne la sezione, legata alla rete esistente. (Per selezione della rete dare riferimento allo studio realizzato dal dipartimento DISEG del Politecnico di Torino); in fase di progetto esecutivo possono essere eventualmente valutati reintegri realizzati con fibre;
- 6) applicare prodotto a base cementizia con granulometria idonea e compatibile all'origine (riferimento allo studio realizzato dal dipartimento DISEG del Politecnico di Torino: materiale studiato dai laboratori di Buzzi, ricavato da un piccolo campione di ferrocemento sottoposto ad analisi fisico-chimiche di laboratorio), cromaticamente corrispondente, dalla consistenza tixotropica adeguata alla stesura a mano, applicabile in spessori millimetrici;
- 7) se necessario, applicare rasatura per raggiungere lo spessore delle aree circostanti;
- 8) stesura di due mani di prodotto impermeabilizzanti (§6.4.10).

## 8.2 Rinforzo ventagli

Rinforzo e miglioramento strutturale degli elementi ventaglio in ferrocemento con realizzazione di rinforzo estradossale diffuso con rete in fibra naturale di basalto.

### 8.2.1 Prescrizioni

Provvedere alla cauta rimozione delle guaine impermeabilizzanti avendo cura di preservare gli elementi esistenti (ferrocemento e getti integrativi). Si trattano quindi le superfici rimuovendo eventuali parti inconsistenti o incoerenti di cemento esistente ammalorato, avendo cura di aspirare le polveri dal supporto ed eseguire idrolavaggio a bassa pressione di tutte le superfici interessate. In caso di necessità sarà opportuno provvedere alla riprofilatura della sezione delle nervature che risultassero eventualmente danneggiate, mediante ripristino monolitico delle sezioni in c.a., previo trattamento delle armature, con malta strutturale a base cementizia, tixotropica (§6.7.1).

L'intervento di rinforzo procede quindi con le seguenti fasi:

- 1) preparazione del supporto avendo cura di garantire la sufficiente asperità di almeno 5 mm, provvedendo a pulitura e inumidendo il supporto;
- 2) eventuale applicazione di una mano di primer secondo l'indicazione della scheda tecnica del prodotto sottoposto all'approvazione;
- 3) applicazione del primo strato di malta garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 3-5 mm) per applicare ed inglobare il tessuto di rinforzo;

- 4) con malta ancora fresca, procedere alla posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato (§6.10);
- 5) eventuale inserimento di diatoni realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, previa: realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensioni idonee alla natura del successivo connettore, confezionamento del connettore mediante taglio, “sfocchettatura” e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di malta colabile o matrice minerale epossidica, fissaggio con tasselli a scomparsa, in polipropilene armato con fibra di vetro;
- 6) eventuale ripetizione delle fasi 3) e 4) per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto.

### 8.3 Rinforzo pilastri inclinati

Rinforzo di pilastri in c.a. con placcaggio di confinamento con sistema di rinforzo FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix) a matrice inorganica un uno o più strati, spessore medio strato primo strato cm.1,00 + cm 0,40 per strato aggiuntivo, per migliorare la resistenza a flessione e a taglio.

#### 8.3.1 Prescrizioni

Esecuzione di rinforzo di elementi strutturali esistenti in cls mediante l'applicazione di tessuto uni-direzionale in micro-trefoli di acciaio Aisi 316, di grammatura da 600 a 2000 g/m<sup>2</sup>, in matrice inorganica a base di malta cementizia, monocomponente, tixotropica, a presa normale, a bassissimo contenuto di polimeri petrolchimici ed esente da fibre organiche, specifica per la passivazione, il ripristino, la rasatura e la protezione monolitica a durabilità garantita di strutture in calcestruzzo, provvista di marcatura CE da applicarsi direttamente alla struttura da rinforzare, previo eventuale trattamento di ripristino delle superfici ammalorate, fornito e posto in opera da appaltatori specializzati e di comprovata esperienza.

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi:

- 1) micro-sabbiatura delle superfici dei pilastri avendo cura di eliminare ogni traccia di pittura esistente e parti incoerenti;
- 2) passivazione dei ferri e riparazione e ripristino delle superfici degradate, ammalorate, decoese o non planari con malte cementizia (§6.7.1);
- 3) stonatura degli spigoli con raggio di curvatura minimo di 20 mm;
- 4) preparazione del supporto avendo cura di garantire la sufficiente asperità di almeno 5 mm, provvedendo a pulitura e inumidendo il supporto;
- 5) eventuale applicazione di una mano di primer secondo l'indicazione della scheda tecnica del prodotto sottoposto all'approvazione;
- 6) applicazione del primo strato di malta garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 3-5 mm) per applicare ed inglobare il tessuto di rinforzo;
- 7) con malta ancora fresca, procedere alla posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato (§6.10);
- 8) eventuale ripetizione delle fasi 5) e 6) per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto provvedendo prima alla posa degli strati per i rinforzi a flessione e a seguire degli strati per il rinforzo a taglio;
- 9) eventuale inserimento di diatoni realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, previa: realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensioni idonee alla natura del successivo connettore, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, “sfocchettatura” e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di malta colabile o matrice minerale epossidica.

Le tipologie di rinforzo sono indicate negli elaborati grafici e da confermare con progetto esecutivo, adattandole, nel contempo, alle caratteristiche del prodotto scelto.

## 8.4 Rinforzo antiribaltamento pareti di tamponamento, timpani e pilastri in muratura

Ripristino antiribaltamento delle tamponature, come suggerito dal Dipartimento di Protezione Civile e consorzio ReLUIIS nelle “*Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni*”, mediante intonaco strutturale certificato EN 998 a base di pura calce NHL 3.5, rete biassiale in fibra naturale di basalto, collegato al telaio c.a. mediante sfioccature con le medesime fibre o con barre elicoidali in acciaio AISI 304/316 (tipo , Steel Dryfix o equivalente), Ø8 certificate EN 845. Il sistema può essere applicato su intonaco esistente, previa verifica dello stato di conservazione dello stesso da eseguirsi a cura dell’Appaltatore. L’intervento deve essere realizzato successivamente agli eventuali rinforzi, diffusi o locali, sugli elementi del telaio in c.a.

### 8.4.1 Prescrizioni

L’intervento si svolge nelle seguenti fasi:

- 1) demolizione e rimozione dell’intonaco esistente e di tutte le parti inconsistenti o incoerenti;
- 2) scuci-cuci locale della muratura per ripristino delle eventuali parti danneggiate non visibili allo stato attuale (per elementi rotti o fessure >1cm / L>30cm);
- 3) iniezioni di malta di calce micronizzata per sigillatura delle fessurazioni non visibili allo stato attuale ( $\leq 1\text{cm} / L \leq 30\text{cm}$ );
- 4) realizzazione di fori pilota di opportuno diametro inclinato fino a circa 5 cm dentro l’elemento in c.a., in ragione di n° 2 fori al metro lineare di fascia di rete, e in corrispondenza delle legature tra i paramenti interno ed esterno per installazione connettori realizzati con barre elicoidali Ø8mm, di opportuna lunghezza (stimata  $L = 200\text{mm}$  per i perimetrali e  $L = 400\text{ mm}$  per legatura paramenti), all’interno dei fori mediante apposito mandrino; risolto delle barre perimetrali a livello della rete per essere inglobate nell’intonaco (vedi punto 6);
- 5) provvedere alla rimozione della polvere dai supporti effettuando un lavaggio con acqua a bassa pressione di tutte le superfici interessate al rinforzo;
- 6) realizzare un primo strato di intonaco strutturale avente spessore di circa 3 – 5 mm;
- 7) a malta ancora fresca, si procederà all’applicazione della rete bilanciata in fibra di basalto, con sovrapposizione di 20 cm tra strati di rete adiacenti, posa tasselli a scomparsa, in polipropilene armato con fibra di vetro, specifico per l’ancoraggio di barre elicoidali in acciaio inox (tipo Steel Dryfix o equivalente);
- 8) realizzazione del secondo strato di intonaco strutturale, spessore di circa 3 – 5 mm; l’applicazione deve garantire il riempimento di tutte le cavità e l’inglobamento totale della rete di armatura e delle barre elicoidali;
- 9) terminata l’applicazione si procede alla staggatura e alla rifinitura con frattazzo di spugna, curando la stagionatura umida delle superfici per almeno 24 ore.

Segue finitura edile, per la quale si rimanda al relativo disciplinare e voci dedicate.

## 8.5 Rinforzo volta in SAP

### 8.5.1 Inserimento tiranti

Per gestire la variabilità di sollecitazione sull’elemento “solaio” posto in una zona di discontinuità strutturale dovuta alla differente geometria tra timpano e semicupola, si predispongono dei tiranti di rinforzo per la resistenza a trazione del solaio SAP di Ø24mm a passo 2000mm.

L’intervento si svolge nelle seguenti fasi:

- 1) demolizione localizzata lungo una striscia del fondello di intradosso dei blocchi del solaio;
- 2) predisposizione dei fori delle travi per la posa dei tiranti;
- 3) posa del tirante in acciaio galvanizzato ad alta resistenza;
- 4) serraggio del tirante alle estremità e inghisaggio con resina epossidica nelle travi degli arconi;
- 5) ripristino del fondello con pannelli in EPS;
- 6) segue “intervento di intradosso” (§8.5.2)

### 8.5.2 Tipo di intervento intradosso

Sistema di ripristino e prevenzione per solaio in laterocemento con problemi di sfondellamento mediante installazione di rete bilanciata in fibra di basalto con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi.

#### 8.5.2.1 Prescrizioni

Si procede preliminarmente alla rimozione di intonaci e pitture e delle eventuali porzioni di cartelle di laterizio danneggiate o in procinto di imminente rottura, verificando mediante battitura tutto l'intradosso. Si prosegue con la bonifica delle porzioni di travetti in c.a. eventualmente danneggiati o ammalorati, ricostruendo e riprofilando le sezioni dei travetti mediante ripristino monolitico delle sezioni in c.a., previo trattamento delle armature, con malta strutturale a base cementizia, tixotropica (§6.7.1). Si provvede al ripristino della superficie di intradosso, in corrispondenza delle cartelle rimosse, mediante pannelli in EPS incollati e rasati mediante adesivo e rasante opportuno, compatibile con la funzione di supporto per l'adesione del sistema antisfondellamento, verificando compatibilità secondo le schede del produttore.

A presa avvenuta si procede con la pulizia del substrato, eliminando qualsiasi residuo di polvere, grasso, olii e altre sostanze contaminanti con aria compressa o spazzolatura energica al fine di garantire su tutta la superficie oggetto di intervento un supporto coeso.

L'intervento di applicazione del sistema composito fibrorinforzato si svolge nelle seguenti fasi:

- 1) applicazione di un primo strato di matrice, spessore medio 3 mm;
- 2) a malta ancora fresca, procedere alla posa della rete, in fibra di basalto, avendo cura di garantire una completa impregnazione della rete ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione della rete alla matrice o al supporto;
- 3) esecuzione del secondo strato di matrice per uno spessore complessivo del rinforzo pari a circa 5-8 mm al fine di inglobare totalmente la rete di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti.

### 8.5.3 Tipo di intervento estradosso

Sistema di consolidamento pressoflessione e tensoflessione mediante getto con malta colabile fibrorinforzata (FRCM) a basso spessore e con ancoraggio mediante barre elicoidali in acciaio AISI 304/316 (tipo , Steel Dryfix o equivalente), Ø10, certificate EN 845, installate in apposito foro pilota nelle travi in c.a. dell'arcone, passo 30cm, con estremità libera ripiegata all'interno del nuovo getto integrativo.

#### 8.5.3.1 Prescrizioni

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi:

- 1) cauta rimozione completa della guaina esterna nell'area di interesse, avendo cura di preservare le superfici degli elementi strutturali e possibilmente senza indurre vibrazioni tali da provocare rottura dei fondelli delle cartelle di laterizio degli elementi SAP;
- 2) realizzazione dei fori pilota con successiva installazione a secco delle barre elicoidali in acciaio INOX, lunghezza barra 600mm, profondità stimata di ancoraggio 250 mm da confermare con progetto esecutivo;
- 3) procedere al risvolto delle barre perché rimangano inglobate nel getto integrativo;
- 4) irruvidimento della superficie di estradosso (rugosità di 5 mm) e successiva pulizia con idro-pulitrice e umidificazione delle superfici o in alternativa stesa di primer di adesione secondo schede tecniche del prodotto scelto;
- 5) stesura per colaggio di malta fibrorinforzata, di spessore di medio 30 mm, valutare in progetto esecutivo l'opportunità di posa di rete Ø5 maglia 20x20 cm.

## 8.6 Rinforzo pilastri

Rinforzo di pilastri in c.a. con placcaggio di confinamento con sistema di rinforzo FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix) a matrice inorganica un uno o più strati, spessore medio strato primo strato cm.1,00 + cm 0,40 per strato aggiuntivo, per migliorare la resistenza a flessione e a taglio.

Si distinguono 3 tipologie di intervento da eseguirsi con le medesime modalità operative:

- Pilastrini tipo 1: rinforzo nell'area del nodo trave-pilastrino, da eseguirsi alla base e alla testa del pilastrino;
- Pilastrini tipo 2: rinforzo globale a pressoflessione e rinforzo nell'area del nodo trave-pilastrino, realizzate nell'ordine e avendo cura di garantire l'ancoraggio adeguato alle estremità del rinforzo a flessione ovvero l'eventuale collegamento attraverso il solaio degli elementi verticali;
- Pilastrini tipo 3: rinforzo globale a pressoflessione, rinforzo a taglio sull'intero sviluppo in altezza del pilastrino e rinforzo nell'area del nodo trave-pilastrino, realizzate nell'ordine e avendo cura di garantire l'ancoraggio adeguato alle estremità del rinforzo a flessione ovvero l'eventuale collegamento attraverso il solaio degli elementi verticali.

### 8.6.1 Prescrizioni

Esecuzione di rinforzo di elementi strutturali esistenti in cls mediante l'applicazione di tessuto uni-direzionale in micro-trefoli di acciaio Aisi 316, di grammatura da 600 a 2000 g/m<sup>2</sup>, in matrice inorganica a base di malta cementizia, monocomponente, tixotropica, a presa normale, a bassissimo contenuto di polimeri petrolchimici ed esente da fibre organiche, specifica per la passivazione, il ripristino, la rasatura e la protezione monolitica a durabilità garantita di strutture in calcestruzzo, provvista di marcatura CE da applicarsi direttamente alla struttura da rinforzare, previo eventuale trattamento di ripristino delle superfici ammalorate, fornito e posto in opera da appaltatori specializzati e di comprovata esperienza.

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi:

- 1) micro-sabbiatura delle superfici dei pilastrini avendo cura di eliminare ogni traccia di pittura esistente e parti incoerenti;
- 2) passivazione dei ferri e riparazione e ripristino delle superfici degradate, ammalorate, decoese o non planari con malte cementizia (§6.7.1);
- 3) stonatura degli spigoli con raggio di curvatura minimo di 20 mm;
- 4) preparazione del supporto avendo cura di garantire la sufficiente asperità di almeno 5 mm, provvedendo a pulitura e inumidendo il supporto;
- 5) eventuale applicazione di una mano di primer secondo l'indicazione della scheda tecnica del prodotto sottoposto all'approvazione;
- 6) applicazione del primo strato di malta garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 3-5 mm) per applicare ed inglobare il tessuto di rinforzo;
- 7) con malta ancora fresca, procedere alla posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato (§6.10);
- 8) eventuale ripetizione delle fasi 5) e 6) per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto provvedendo prima alla posa degli strati per i rinforzi a flessione e a seguire degli strati per il rinforzo a taglio;
- 9) eventuale inserimento di diatoni realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, previa: realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensioni idonee alla natura del successivo connettore, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiochettatura" e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di malta colabile o matrice minerale epossidica.

Le tipologie di rinforzo sono indicate negli elaborati grafici e da confermare con progetto esecutivo, adattandole, nel contempo, alle caratteristiche del prodotto scelto.

### 8.7 Rinforzo/sostituzione elementi prefabbricati dei solai

Alcuni elementi prefabbricati in ferrocemento costituenti le "coppelle" dei solai, piano terra dell'abside e dei loggiati (ispezione visiva attualmente non completa per la presenza di controsoffitti), presentano delle evidenti fessurazioni. Sono peraltro stati oggetto di prove di carico in occasione dei lavori di riqualificazione del 2004 e non hanno mostrato criticità dal punto di vista della sicurezza. Nel presente progetto sono risultati soddisfatti le verifiche per i carichi previsti. È lecito supporre che le fessurazioni siano dovute ad assestamenti della struttura.

Sono previsti due tipologie alternative di intervento:

- 1) Iniezione e sigillatura delle fessure per ripristino e conservazione degli elementi;
- 2) Sostituzione integrale delle coppelle dove necessitino importanti passaggi impiantistici o dove a seguito dello strip-out generale risultassero delle condizioni di sicurezza non compatibili con l'uso previsto, nelle zone attualmente non ispezionabili.

#### 8.7.1 Iniezione e sigillatura delle fessure

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi:

- 1) provvedere a pulire dagli elementi incoerenti e svasare i bordi della lesione per creare un incavo di larghezza 8-10 mm e profondità 10-15 mm;
- 2) realizzare con trapano munito di punta a widia una serie di fori a ridosso della soluzione di continuità disposti a quinconce a sinistra e a destra della lesione ad una distanza dalla soluzione di continuità di circa 3-4 cm, inclinati a 45° nella direzione della lesione con interasse di circa 30-35 cm;
- 3) pulire l'incavo e i fori mediante aria compressa per rimuovere i detriti e la polvere creati nelle operazioni di svasatura e foratura;
- 4) sigillare l'incavo con un sistema epossidico in pasta, applicato a spatola o a cazzuola, conforme ai requisiti previsti dalla EN 15044, e contestuale fissaggio di tubicini in gomma o in plastica all'interno dei fori;
- 5) verificare che i fori siano comunicanti insufflando aria compressa all'interno di un foro accertandosi che la stessa fuoriesca dal foro adiacente. Qualora non ci fosse comunicazione eseguire ulteriori fori – in modo da ridurne il passo – e fissare al loro interno, con adesivo in pasta, i tubicini da iniezione;
- 6) iniettare sistemi epossidici a bassa viscosità, conformi alla EN 1504-5, nei tubicini mediante pompa a doppia membrana.

#### 8.7.2 Sostituzione integrale delle coppelle

Dove risulti strettamente necessario procedere alla sostituzione delle coppelle, si procede con le seguenti fasi, da realizzarsi prima del getto di rinforzo sui solai:

- 1) esecuzione di sottopiano per evitare la caduta di detriti dall'alto;
- 2) individuazione e tracciamento in estradosso delle travi/travetti con rispettivo ingombro delle "ali" su cui poggiano le coppelle;
- 3) taglio verticale con disco diamantato, da estradosso, in corrispondenza delle "ali", con un *margin*e di sicurezza di 30 mm interno al campo tra due travi/travetti consecutivi (interasse 1,25m – luce netta 0,90 m);
- 4) demolizione locale della caldana rimanente e della coppella fino al di sopra delle ali, preservando eventuali ferri;
- 5) posa di lamiera grecata ad aderenza migliorata tra le ali del campo individuato da due travi/travetti consecutivi (lunghezza 1,00m), spessore 0,7 mm, altezza greca 55 mm; eventuale integrazione di armatura nelle greche;
- 6) getto di calcestruzzo alleggerito, classe LC25/285, densità D1.9 t/m<sup>3</sup>, a pareggiare la soletta esistente: spessore totale stimato 16 cm, 10,5cm sopra greca.

### 8.8 Rinforzo dei solai

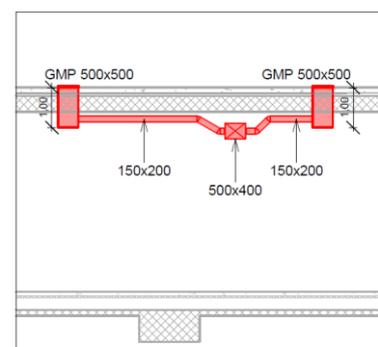
I solai esistenti sono composti da travi/travetti a T disposte a interasse 125cm, con "ali" su cui poggiano le coppelle prefabbricate in ferrocemento e getto integrativo, per uno spessore complessivo di 16,0 cm al di sopra del trave a T e 5-6 cm in corrispondenza della mezzeria delle coppelle, aventi una monta di 8,0 cm e uno spessore di 2,0 cm. Le verifiche delle armature esistenti, sulla base dell'attuale fattore di conoscenza, con le nuove stratigrafie e destinazioni d'uso, indicano la necessità di applicare un rinforzo. Per preservare la geometria delle travi/travetti esistenti, elementi prefabbricati a piè d'opera secondo le indicazioni del progetto Nervi, essendo gli elementi dotati di idonea staffatura, si è scelto, come soluzione meno invasiva, di applicare di una cappa strutturale aggiuntiva, rimossi gli attuali strati di finitura e quindi con recupero di "carico utile"

da destinare al nuovo pacchetto di finitura con pavimento radiante, sulle strutture portanti, così da incrementare il braccio utile delle travi/travetti a T del solaio, in malta cementizia fibrorinforzata.

La medesima tecnologia è applicata per il rinforzo degli orizzontamenti tipo SAP ai lati della copertura voltata, a quelli di primo piano e copertura della manica Sottsass, agli orizzontamenti di piano terra e copertura del locale tecnologico esterno a sud dell'abside.

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi:

- 1) realizzazione di sottopiano di sicurezza;
- 2) demolizione e rimozione del pavimento in marmo esistente, comunque già molto fessurato, e del relativo sottofondo di posa, consentendo nel contempo di recuperare "altezza e carico utile" per il nuovo pacchetto di finitura;
- 3) passivazione di ferri e riparazione e ripristino delle superfici degradate, ammalorate, decoese o non planari con malte cementizia (§6.7.1);
- 4) preparazione del supporto avendo cura di garantire la sufficiente asperità di almeno 5 mm, provvedendo prima ad aspirazione e poi a idropulitura a bassa pressione;
- 5) bagnatura a rifiuto fino ad ottenere un substrato saturo, ma privo di acqua liquida in superficie;
- 6) eventuale applicazione di una mano di primer secondo l'indicazione della scheda tecnica del prodotto sottoposto all'approvazione;
- 7) applicazione dello strato di malta colabile fibrorinforzata per sistema di rinforzo FRC (§6.7.3);
- 8) provvedere alla stagionatura umida del prodotto nelle prime 48 ore e coprire con telo impermeabile per i successivi 5 giorni.



Tipologico installazione bocchette a pavimento salone Nervi

Nel Padiglione 2, a livello del piano terra (≡ alla copertura del Padiglione 4 Interrato), in corrispondenza del solaio strutturale esistente di copertura dei locali magazzino scaffali compattabili (fondo storico) devono essere posizionate delle bocchette a pavimento di immissione aria – per esigenza di ridurre la rumorosità ambiente – realizzate con manufatti metallici [GMP 500x500 h= 1,00 m], come meglio rappresentato sulla tavola codice "22044D02\_1\_0\_P\_IV\_00\_AE\_005\_0\_VENTILAZIONE - PROGETTO - 2 - Pianta piano interrato - Parte sx e analogamente per Parte dx" del progetto impianti fluido meccanici, di cui un estratto riprodotto a fianco. Intorno alla riservazione deve essere realizzata una cornice di larghezza 15cm, avendo cura di conservare integre le eventuali armature metalliche esistenti, ribassata rispetto al piano finito, da definire con progetto esecutivo.

## 8.9 Rinforzo travi abside

Per le travi in c.a. in generale e in particolare nella zona dell'abside, solaio di piano terra del padiglione 4 e solaio anulare in copertura, si prevede l'applicazione di placcaggi di confinamento con sistema di rinforzo FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix) a matrice inorganica un uno o più strati, spessore medio strato primo strato cm.1,00 + cm 0,40 per strato aggiuntivo, per migliorare la resistenza a flessione e a taglio.

Si distinguono 2 tipologie di intervento da eseguirsi con le medesime modalità operative:

- Trave tipo 1: rinforzo a taglio alle estremità della trave;
- Trave tipo 2: rinforzo a pressoflessione e a taglio.

L'intervento è in genere correlato con quello relativo ai pilastri (§Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.) e da eseguirsi coordinando l'applicazione degli strati, con l'accortezza di terminare con la fasciatura del nodo.

### 8.9.1 Prescrizioni

Esecuzione di rinforzo di elementi strutturali esistenti in cls mediante l'applicazione di tessuto uni-direzionale in micro-trefoli di acciaio Aisi 316, di grammatura da 600 a 2000 g/m<sup>2</sup>, in matrice inorganica a base di malta cementizia, monocomponente, tixotropica, a presa normale, a bassissimo contenuto di polimeri petrolchimici ed esente da fibre organiche, specifica per la passivazione, il ripristino, la rasatura e la protezione monolitica a durabilità garantita di strutture in calcestruzzo, provvista di marcatura CE da applicarsi direttamente alla struttura da rinforzare, previo eventuale trattamento di ripristino delle superfici ammalorate, fornito e posto in opera da appaltatori specializzati e di comprovata esperienza.

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi:

- 1) micro-sabbiatura delle superfici dei pilastri avendo cura di eliminare ogni traccia di pittura esistente e parti incoerenti;
- 2) passivazione dei ferri e riparazione e ripristino delle superfici degradate, ammalorate, decoese o non planari con malte cementizia (§6.7.1);
- 3) stondatura degli spigoli con raggio di curvatura minimo di 20 mm;
- 4) preparazione del supporto avendo cura di garantire la sufficiente asperità di almeno 5 mm, provvedendo a pulitura e inumidendo il supporto;
- 5) eventuale applicazione di una mano di primer secondo l'indicazione della scheda tecnica del prodotto sottoposto all'approvazione;
- 6) applicazione del primo strato di malta garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 3-5 mm) per applicare ed inglobare il tessuto di rinforzo;
- 7) con malta ancora fresca, procedere alla posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato (§6.10);
- 8) eventuale ripetizione delle fasi 5) e 6) per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto provvedendo prima alla posa degli strati per i rinforzi a flessione e a seguire degli strati per il rinforzo a taglio;
- 9) eventuale inserimento di diatoni realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, previa: realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensioni idonee alla natura del successivo connettore, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfocchettatura" e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di malta colabile o matrice minerale epossidica.

Le tipologie di rinforzo sono indicate negli elaborati grafici e da confermare con progetto esecutivo, adattandole, nel contempo, alle caratteristiche del prodotto scelto.

### 8.10 Ripristino elementi in cemento armato

Interventi riparazione e ripristino per conservare elementi affetti da fenomeni di corrosione. Interventi per eliminare le cause responsabili del deterioramento accelerato della struttura. Riferimento UNI EN 1504.

#### 8.10.1 Prescrizioni

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi:

- 1) delimitare delle zone di calcestruzzo ammalorate;
- 2) riquadrare con smerigliatrice angolare delle zone ammalorate incidendola per uno spessore pari ad almeno 10 mm. Questa operazione è necessaria per evitare distacchi precoci dell'area di ripristino.
- 3) scarificare il calcestruzzo mediante martellina leggera. La scarifica deve riguardare non solo il calcestruzzo ammalorato e in fase di distacco, ma anche il conglomerato integro dietro alle barre di armatura. Nello specifico, l'operazione di scarifica deve essere finalizzata a liberare completamente il ferro rimuovendo almeno 10-15 mm;
- 4) pulire delle armature e applicazione del trattamento protettivo dei ferri di armatura in vista mediante applicazione a pennello di una malta polimero-cemento. (EN 1504-7). Generalmente le armature vengono pulite con spazzola metallica per ripristini in aree piccole; terminata la pulizia delle barre di

armatura prima, di procedere alla ricostruzione della sezione con la malta, è indispensabile bagnare a saturazione il supporto con acqua;

- 5) applicare la malta appropriata per l'applicazione (§6.7.1);
- 6) se lo spessore della malta da applicazione è superiore a 30 mm, occorrerà applicarla per strati successivi di spessore non superiore a 30 mm per procedere all'ultimazione della ricostruzione; se lo spessore supera il 60-70 mm, ricorrere all'utilizzo di cassero e malte colabili;
- 7) applicazione di malta da rasatura se necessaria (spessore di 1-2 mm – applicata a mano).

### 8.11 Ripristino elementi in ferrocemento

La durabilità è un tema generale che riguarda le strutture in calcestruzzo armato esistenti, caratterizzate da calcestruzzi più o meno porosi ma soprattutto con scarsi copriferri, quali gli elementi in ferrocemento costituenti la volta di cui si è già detto, ma anche relativamente a tutti gli altri elementi di ferrocemento sensibili a tale tematica, ad esempio le “*coppelle*” della semicupola e del solaio anulare.

La consapevolezza dell'esistenza di alcune zone nelle quali è risultato evidente la presenza di acqua (resta da accertare per ogni caso se ingresso esterno o condensa) e il conseguente sviluppo di fenomeni di ossidazione e corrosione delle armature, combinate alla generale modifica ambientale (temperatura e umidità), continuativa e non più per brevi periodi d'uso, che deriva dalla nuova destinazione d'uso, impongono una profonda riflessione sul tema della durabilità, in particolar modo quindi riguardo alle strutture in ferrocemento, estremamente sensibili nei confronti di tale requisito.

Risulta pertanto opportuno intervenire con applicazioni di film protettivi impermeabilizzanti.

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi:

- 1) procedere con una leggera battitura delle pareti del concio per identificare aree di distacco dell'intonaco e di lesioni dell'elemento in ferrocemento;
- 2) identificata un'area di ammalorato, si procede con cauta rimozione dell'intonaco e della malta nella zona ammalorata, provvedendo a preservare le componenti metalliche dell'armatura. Le demolizioni devono essere fatte a mano da operaio specializzato;
- 3) procedere con la pulitura delle reti metalliche esposte con spazzolatura meccanica a mano;
- 4) applicare il trattamento protettivo delle reti d'armatura in vista mediante applicazione a pennello di una malta polimero-cemento (EN 1504-7);
- 5) l'armatura perduta per la corrosione deve essere reintegrata con un nuovo strato di rete, con diametro e passo idonei, simili all'armatura pre-esistente, per ripristinarne la sezione, legata alla rete esistente. (Per selezione della rete dare riferimento allo studio realizzato dal dipartimento DISEG del Politecnico di Torino); in fase di progetto esecutivo possono essere eventualmente valutati reintegri realizzati con fibre;
- 6) applicare prodotto a base cementizia con granulometria idonea e compatibile all'origine (riferimento allo studio realizzato dal dipartimento DISEG del Politecnico di Torino: materiale studiato dai laboratori di Buzzi, ricavato da un piccolo campione di ferrocemento sottoposto ad analisi fisico-chimiche di laboratorio), cromaticamente corrispondente, dalla consistenza tixotropica adeguata alla stesura a mano, applicabile in spessori millimetrici;
- 7) se necessario, applicare rasatura per raggiungere lo spessore delle aree circostanti.